

**ИИТ - 2020**

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЁВА»**

**МЕЖДУНАРОДНАЯ ОБЩЕСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ  
АКАДЕМИЯ НАВИГАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ  
(САМАРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ)**

**САМАРСКОЕ РЕГИОНАЛЬНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ НАУЧНОГО СОВЕТА  
ПО ПРОБЛЕМАМ МЕТОДОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА РАН**

**Международная  
научно-техническая конференция**

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ  
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

**Advanced Information Technologies  
and Scientific Computing**

**21 – 22 апреля 2020 г.**

**СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ**

**Электронное издание**



**САМАРА, 2020**

**Перспективные информационные технологии (ПИТ 2020)**  
**[Электронный ресурс]:** труды Международной научно-технической конференции / под ред. С.А. Прохорова. – Электрон. текстовые и граф. дан. (28,4 Мбайт). – Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2020. – 523 с. – 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

**Advanced Information Technologies and Scientific Computing (PIT 2020) [Online]:** Proceedings of the International Scientific Conference / Ed. S.A. Prokhorov, Russia, Samara: Samara Scientific Center of RAS, 2020. – 28,4 Mb. – 523 p.

**ISBN 978-5-93424-861-2**

В сборник научных трудов включены доклады Международной научно-технической конференции «Перспективные информационные технологии – 2020», проходившей с 21 – 22 апреля 2020 г. в Самарском национальном исследовательском университете имени академика С.П. Королева.

В 2020 году Международная научно-техническая конференция проходила заочно.

Рассмотрены актуальные проблемы создания автоматизированных систем научных исследований, обеспечения информационной безопасности, искусственного интеллекта и машинного обучения, внедрения информационных технологий в медицине и на транспорте, реализации информационных технологий высоко-производительных вычислений, моделирования и анализа сложных технических систем, цифровизации образования и социальных систем и философии искусственного интеллекта.

Печатается по решению издательского совета  
Самарского научного центра Российской академии наук

**Редакционная коллегия**

Прохоров С.А. – главный редактор;  
Иващенко А.В. – технический редактор;  
Востокин С.В., Еленев Д.В., Заболотнов Ю.М., Куликовских И.М.,  
Лёзин И.А., Михеева Т.И., Нестеров А.Ю.,  
Новиков С.Я., Солдатова О.П., Столбова А.А.

**ISBN 978-5-93424-861-2**

© Оргкомитет конференции, 2020  
© Самарский национальный  
исследовательский университет имени  
академика С.П. Королёва, 2020



## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

S.A.A.M. Albani, S.A. Mylnikov

### MEASUREMENT UNCERTAINTY OF INDIRECT MEASUREMENTS EVALUATION BY MONTE CARLO METHOD

(Yuri Gagarin State Technical University of Saratov)

The measurement results make sense if a quantitative assessment of their accuracy is indicated. Relatively recently, a new quantitative assessment of measurement accuracy, namely, measurement uncertainty, was standardized [1]–[3]. The methods for uncertainty evaluation are given in [4]. The Monte Carlo method (MCM) performs random sampling from probability distribution of the input quantities, and it provides a probability density function for the output quantity as the final result, from which the coverage interval can be determined.

Monte Carlo method was devised as an experimental probabilistic method to solve difficult deterministic problems since computers can easily simulate a large number or experimental trials that have random outcomes.

**1. Algorithm of Monte Carlo method for uncertainty estimation.** This method basically consists in randomly generate a number  $M$  of Monte Carlo trials in where the distribution function of the value of the output quantity  $Y$  will be numerically approximated. Then a sample vector of the input quantities can be drawn repeatedly using random number generators. For each input sample vector the corresponding value of the output quantity is calculated by measurement model. The set of the  $M$  output sample vectors yields an empirical distribution which can be used to approximate the correct random distribution of the output quantity. It is recommended to use  $M \geq 10^6$  to estimate a 95% coverage interval for the output quantity [5].

The following single steps of the Monte Carlo algorithm for uncertainty estimation, shown in Fig. 1 form the formal procedure described in [5], [6]:

- 1) Select the number  $M$  of Monte Carlo trials to be made.
- 2) Generate a set of  $N$  input parameters  $\{x_1, \dots, x_N\}$ , which are random variables distributed according to a probability density function assigned to each input parameter. This process should be repeated  $M$  times for every input quantity.
- 3) Calculate the corresponding value of quantity  $Z$  under measurement using the following model:

$$z_j = f(x_{1j}, \dots, x_{Nj}) \text{ for } j = 1, \dots, M. \quad (1)$$

From this sample it is possible to estimate the probability density function of  $z$ .



4) Calculate the mean and the standard deviation from output vector  $\{z_1, \dots, z_M\}$  as the measurement result  $z$  for  $Z$  and its associated standard uncertainty  $u(z)$ .

5) Sort the output vector in ascending order and determine a coverage interval  $[z_L, z_H]$  at coverage probability  $p$  [7]:

$$z_L = \text{round}((M+1)\gamma) \quad \text{and} \quad z_H = \text{round}((M+1)(1-\gamma)), \quad (2)$$

where  $\gamma$  is the significance level ( $\gamma=0.025$  for 95% coverage probability) and the function  $\text{round}(\beta)$  is used to represent the nearest integer to  $\beta$ .

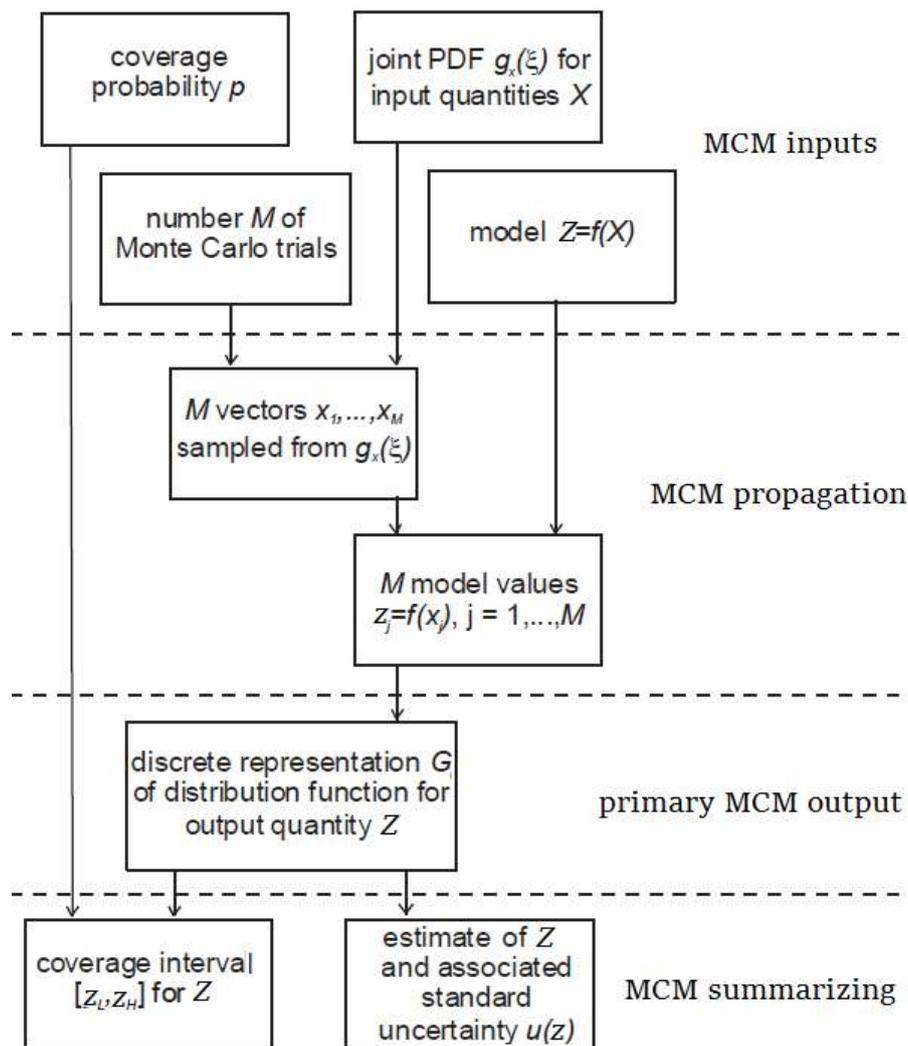


Fig. 1. Schematic flow graph of uncertainty evaluation using MCM [5]

Two examples for the illustration of uncertainty evaluation demonstrate the use of Monte Carlo method. There are software applications that are specifically developed for calculating measurement uncertainties, some of which use the MCM [8]. But it is possible to implement the MCM in general purpose engineering calculation media such as MATLAB, with the aid of which all the following computations were made.

**Resistance measurement.** In the first example, a resistance measurement using voltmeter and amperometer method (Figure 2) for small resistances (the value of the resistance under test  $R_x$  should be much lesser than  $R_v$ ), in which voltage and current values recorded by a digital multimeters is considered. This is an indirect



measurement where the simple model  $R_x = U/I$  is implemented, where  $R_x$  is the electrical resistance of the resistor under test,  $U$  is the voltage drop on the resistor and  $I$  is the current measured by amperometer. The measurement was performed under reference conditions for the instruments. The input resistance of the voltmeter  $R_v = 10$  M $\Omega$  and its value is considered in the calculation. The more accurate model for resistance indirect measurement is the following:

$$R_x = U / \left( I - \frac{U}{R_v} \right) \quad (3)$$

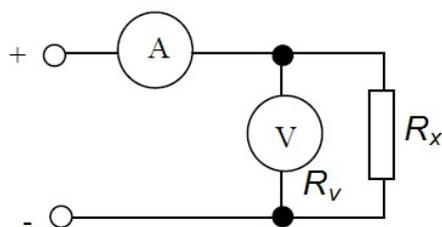


Figure 2. The schema for indirect measurement of an electrical resistance

Table 1 provides the probability distribution parameters assigned to the different input quantities. None of the input quantities are considered to be correlated to any significant extent. From this data, it is possible to use MCM to obtain an estimate  $\tilde{R}_x$ , its related standard uncertainty  $u(R)$  and the 95% coverage interval.

Table 1. Assigned input quantities and probability distribution for resistance measurement

Quantity $X_i$	Estimate $x_i$	Probability distribution	Uncertainty contribution $u_i(z)$
U	2.467 V	Uniform	4.581 mV
I	117.624 mA	Uniform	68.596 $\mu$ A

The result of measurement for the 20  $\Omega$  resistance is 20.973  $\Omega$ . The measurement is repeated 150 times without detecting any scatter in the observations. Thus, uncertainty due to limited repeatability does not give a contribution.

The results of calculation stage that were obtained using 1100 trials are as follows:

- Standard uncertainty  $u(R) = 0.3585$   $\Omega$ .
- Expanded uncertainty  $U(R) = 0.717$   $\Omega$ .
- 95% confidence interval = [20.902, 21.0454]  $\Omega$ .

The MCM approach gives the same value of  $R_x$  as the conventional standard method described in the Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM) [4] though the coverage interval deduced by MCM turned out to be approximately 14% narrower than that of the GUM method. This difference is due to the Gaussian approximation made in the GUM method instead of the uniform distribution assumed by the MCM in this situation.

**DC power measurement.** In the second example, an indirect DC power measurement using voltage and current values recorded by digital multimeters is



considered. For DC voltages and currents, power is simply the voltage across a pure resistance multiplied by the current through this element:  $P = UI$ .

Connection of the instruments and the resistor for DC power measurement is the same as the connection for the resistance measurement (Figure 2). If we consider the input resistance of the voltmeter  $R_v$ , the model will have the form:

$$P = UI - \frac{U^2}{R_v}. \quad (4)$$

None of the input quantities are considered to be correlated to any significant extent.

The digital multimeters were used for this measurement. The input resistance of the voltmeter is  $R_v = 10 \text{ M}\Omega$ . Table 2 provides the probability distribution parameters assigned to the different input quantities. The result of DC power measurement is 2.160 W.

Table 2. Assigned input quantities and probability distribution for DC power measurement

Quantity $X_i$	Estimate $x_i$	Probability distribution	Uncertainty contribution $u_i(z)$
U	14.75 V	Uniform	0.08 V
I	146.468 mA	Uniform	0.29 mA

The results of calculation stage that were obtained using 1100 trials are the following:

- Standard uncertainty  $u(R) = 0.0111 \text{ W}$ .
- Expanded uncertainty  $U(R) = 0.0222 \text{ W}$ .
- 95% confidence interval =  $[2.1380, 2.1824] \text{ W}$ .

In this example the distribution of the output quantity is trapezoidal. Difference in the 95% coverage interval established by MCM and GUM is minimal.

**Conclusions.** Monte Carlo method is practical numerical method for evaluating uncertainty of measurement in practice. Evaluation of measurement uncertainty of indirect measurements by Monte Carlo method and its relation to the GUM has been described. The implementation in MATLAB of the MCM has been illustrated by two application examples.

Hence, the described MCM is well suited for uncertainty calculation and should be applied in cases where the assumptions defined in the standard method of the GUM cannot be successfully applied.

### References

1. L’vov A.A., Mashkin V.A. High-accuracy AC current measurements based on Monte Carlo method // Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, 2009. – No. 4(43). – P. 41-45 (in Russian).
2. L’vov A.A., Semezhev N., Solopekina A.A. Calculation of measurement uncertainties of multi-port transmission line reflectometer // 2014 Int. Conf. on Actual Problems of Electron Devices Engineering (APEDE). – Saratov, Russia: IEEE, 2014. DOI: 10.1109/APEDE.2014.6958776.



3. Solopekina A.A., Semezhev N., L'vov A.A., Komarov V.V., Svetlov M.S. Application of the Uncertainty Method for Analysis of Multi-Port Correlator Accuracy // Proc. 2017 IEEE Russia Section Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering Conf. (2017 ElConRusNW). – St. Petersburg, Russia: IEEE, 2016. – P. 505-509.

4. Joint Committee for Guides in Metrology. Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement. – Geneva, Int. Organization for Standardization, 1st edition, BIPM, Sevres-France, 2008.

5. Joint Committee for Guides in Metrology, Evaluation of Measurement Data Supplement 1 to the “Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement Propagation of Distribution Using a Monte Carlo Method”. – 1st edition, BIPM, Sevres-France, 2008.

6. Azpúrua M., Tremola C., Páez E. Comparison of the GUM and Monte Carlo method for the uncertainty estimation in electromagnetic compatibility testing // Progress in Electromagnetics Research B, 2011. – Vol. 34. – P. 125-144.

7. Willink R. On using the Monte Carlo method to calculate uncertainty intervals // Metrologia, 2006. – Vol. 43. – P. L39-L42.

8. Castrup S. A Comprehensive Comparison of Uncertainty Analysis Tools // Measurement Science Conf., Anaheim, 2004. – [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.isgmax.com/Articles\\_Papers/Software%20Comparison%20Updated%20Version.pdf](http://www.isgmax.com/Articles_Papers/Software%20Comparison%20Updated%20Version.pdf). (дата обращения 20.03.2020)

А.К. Алимуратов, А.Ю. Тычков, П.П. Чураков

## ПРИМЕНЕНИЕ КЕПСТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА И ДЕКОМПОЗИЦИИ НА ЭМПИРИЧЕСКИЕ МОДЫ В ЗАДАЧАХ ОБНАРУЖЕНИЯ И ОЦЕНКИ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНЫХ РАССТРОЙСТВ ЧЕЛОВЕКА ПО РЕЧИ

(Пензенский государственный университет)

В основе обнаружения и оценки психоэмоциональных расстройств человека по речи лежит важное правило: патофизиологические механизмы развития психических расстройств строятся на принципах взаимодействия нервной и речеобразующей систем организма; расстройства нервной системы активируют каскад механизмов, влияющих на функционал органов речеобразующей системы. Из данного правила можно сделать вывод, что психоэмоциональные расстройства «зашифрованы» в речевых сигналах в виде информативных параметров [1].

Точность обнаружения и оценки психоэмоциональных расстройств напрямую зависит от качества предварительной обработки и последующего анализа информативных параметров речевых сигналов. Корректная обработка речи определяется точностью измерения информативных характеристик (амплитудно-временных, спектрально-частотных и кепстральных). Главной причиной больших погрешностей при измерении информативных



характеристик является использование мало эффективных и неадаптивных методов обработки нестационарных речевых сигналов.

В работе представлен способ, позволяющий повысить эффективность обнаружения и оценки психоэмоциональных расстройств. Способ основан на адаптивной технологии разложения нестационарных сигналов, называемой декомпозицией на эмпирические моды (ДЭМ) [2] и кепстральном анализе. Исследование является развитием ранее опубликованной статьи авторов [3] и выполнено при финансовой поддержке Совета по грантам Президента РФ, проект № СП-246.2018.5.

Декомпозиция на эмпирические моды - это адаптивная технология разложения нестационарных сигналов, возникающих в нелинейных системах. ДЭМ обеспечивает локальное разложение сигнала на быстрые и медленные колебательные функции. В результате разложения исходный сигнал может быть представлен в виде суммы амплитудных и частотных модулированных функций, называемых эмпирическими модами (ЭМ). Аналитическое выражение ДЭМ выглядит следующим образом:

$$x(n) = \sum_{i=1}^I IMF_i(n) + r_i(n),$$

где  $x(n)$  – исходный сигнал,  $IMF_i(n)$  – ЭМ,  $r_i(n)$  – конечный остаток,  $i=1, 2, \dots, I$  – номер ЭМ,  $n$  – дискретный отсчет времени ( $0 < n \leq N$ ,  $N$  – количество дискретных отсчетов в сигнале).

Среди всех модификаций ДЭМ наиболее адаптивной к речевым сигналам является усовершенствованная полная множественная ДЭМ с адаптивным шумом (ПМДЭМАШ) [4].

В задачах обработки и анализа речи большую популярность получили методы и алгоритмы, основанные на кепстральном анализе. Главным достоинством кепстрального анализа является уплотнение информации при преобразовании сигнала из временного пространства в частотное. Кепстральный анализ в задачах обработки речевых сигналов основан определении кепстральных коэффициентов на мел-шкале, называемых мел-частотными кепстральными коэффициентами (МЧКК) [1].

Представленный способ включает в себя основные этапы обработки и получения информативных параметров речевых сигналов: предварительная обработка, декомпозиция, формирование информативных компонент и мел-частотный кепстральный анализ. Непосредственное обнаружение и оценка психоэмоциональных расстройств осуществляется с помощью машинного обучения на основе метода опорных векторов

В рамках предварительной обработки осуществляется: исключение из сигнала постоянной составляющей; фильтрация сигнала с помощью высокочастотного фильтра (частота среза 130 Гц); сегментация на вокализованные и невокализованные участки.

На основе анализа преимуществ и недостатков различных видов декомпозиции и учитывая специфику речевых сигналов при пограничных психических расстройствах, авторами принято решение использовать улучшенную ПМДЭМАШ.



В соответствии с ранее проведенными исследованиями методов ДЭМ, любой дискретный сигнал можно разложить на следующие моды: шумовые информативные, сигнальные информативные, трендовые и компенсирующие неинформативные. Формирование информативных компонент основано на вычитании из исходного речевого сигнала шумовых информативных и трендовых, компенсирующих неинформативных ЭМ. Основной задачей формирования информативных компонент - концентрация информативных параметров речевых сигналов, релевантных некорректному функционированию речеобразующей системы вследствие психоэмоциональных расстройств. Вычитаемые ЭМ осуществляется по определенному правилу:

$$x_{ab,i}(n) = x(n) - (a \times \sum_{i=0}^2 IMF_{i+1}(n) + b \times \sum_{i=0}^2 IMF_{i-1}(n)),$$

где  $x_{ab,i}(n)$  – информативная компонента,  $x(n)$  – исходный сигнал,  $a, b$  – коэффициенты, определяющие участие ЭМ в формировании информативных компонент.

Результатом определения МЧКК являются коэффициенты (по одному в каждом мел-фильтре), компактно отражающие информацию об энергетическом распределении (уровне звука, тембра) речевого сигнала на мел-шкале ( $MFCC(c)$ , где  $c = 1, 2, \dots, C$  – номер МЧКК,  $C$  – количество коэффициентов).

Расширение информативного пространства статических кепстральных коэффициентов осуществляется за счет нормализации и вычисления первого и второго приращения значений МЧКК:

$$MFCC_{N(c)} = MFCC(c) \times \left(1 + \frac{L}{2} \sin\left(\frac{\pi c}{2}\right)\right),$$

где  $L$  – число, подбираемое эмпирически и равное 22.

$$MFCC\_D(c) = \frac{\sum_{d=1}^D d(MFCC(c+d)) - MFCC(c-d)}{2 \sum_{d=1}^D d^2},$$

$$MFCC\_DD(c) = \frac{\sum_{d=1}^D d(MFCC\_D(c+d)) - MFCC\_D(c-d)}{2 \sum_{d=1}^D d^2}$$

где  $MFCC\_D(c)$ ,  $MFCC\_DD(c)$  – первое и второе приращение МЧКК,  $MFCC(c)$  – статические МЧКК,  $D$  – типовое значение приращения, равное 2.

Для оценки эффективности разработанного способа, использовался параметр – ошибки первого и второго рода. Исследование проводилось для трех видов речевых сигналов: состоящих только из вокализованных участков (сформированных с участием голосовых связок); состоящих из невокализованных участков (сформированных без участия голосовых связок); состоящих из вокализованных и невокализованных участков. При исследовании способа формирования информативных компонент осуществлялось посредством поочередного вычитания из речевых сигналов первых двух информативных шумовых и последних трех неинформативных ЭМ.

В таблице 1 приведены результаты исследований по обнаружению и оценке психоэмоциональных расстройств для трех видов анализируемых речевых сигналов. Данные в столбцах 2, 5 и 9 соответствуют речевым сигналам, состоящим из вокализованных участков. Столбцы 3, 6 и 10 для



речевых сигналов, состоящих из невокализованных участков. И столбцы 4, 7 и 11 для речевых сигналов, состоящих из вокализованных и невокализованных участков.

Таблица 1

Прогнозируемый результат	Достигнутый результат, чел.						Ошибки 1-ого и 2-ого родов, %			
	Патология			Норма						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Речевой сигнал</b>										
Патология	78	19	83	22	81	17	$\alpha$	22	81	17
Норма	16	51	15	84	49	85	$\beta$	16	51	15
<b>Информативная компонента речевого сигнала № 1</b>										
Патология	81	21	86	19	79	14	$\alpha$	19	79	14
Норма	11	56	13	89	44	87	$\beta$	11	56	13
<b>Информативная компонента речевого сигнала № 2</b>										
Патология	86	16	89	14	84	11	$\alpha$	14	84	11
Норма	10	71	12	90	29	88	$\beta$	10	71	12
<b>Информативная компонента речевого сигнала № 3</b>										
Патология	44	9	48	56	81	52	$\alpha$	56	81	52
Норма	39	79	37	61	21	63	$\beta$	39	79	37

В сравнении между тремя видами сигналов наименьшее количество ошибок первого и второго родов ( $\alpha=17\%$ ,  $\beta=15\%$ ) достигается при анализе речи, состоящей из вокализованных и невокализованных участков. Если же анализировать сигналы по отдельности, то вокализованные отражают намного больше информации о нарушениях работы органов речевого аппарата и соответственно о психоэмоциональных расстройствах человека ( $\alpha=22\%$ ,  $\beta=16\%$ ), чем невокализованные речевые сигналы ( $\alpha=81\%$ ,  $\beta=51\%$ ). Результаты исследований показали, что при совместном анализе речи, состоящей из вокализованных и невокализованных участков, точность определения психоэмоциональных расстройств возросла на  $5\%$  ( $\alpha$ ) и  $1\%$  ( $\beta$ ) соответственно, по сравнению с анализом только вокализованной речи.

При анализе информативных компонент, сформированных вычитанием последних трех неинформативных мод (ЭМ6 - ЭМ8), значения ошибок первого и второго родов уменьшилось для всех видов речи:  $\alpha=19\%$ ,  $\beta=11\%$ ;  $\alpha=79\%$ ,  $\beta=56\%$  и  $\alpha=14\%$ ,  $\beta=13\%$ . При вычитании первой информативной шумовой моды (ЭМ1) точность определения также возросла, но только для вокализованной речи ( $\alpha=14\%$ ,  $\beta=10\%$ ) и речи, состоящей из вокализованных и невокализованных участков  $\alpha=11\%$ ,  $\beta=12\%$ . Для невокализованной речи количество ошибок увеличилось:  $\alpha=84\%$  и  $\beta=71\%$ . Объясняется это особенностью образования невокализованной речи, состоящей в основном из шумовых звуков. При вычитании второй информативной шумовой моды (ЭМ2) точность определения значительно ухудшилась для всех трех видов речевых сигналов:  $\alpha=56\%$ ,  $\beta=39\%$ ;  $\alpha=91\%$ ,  $\beta=89\%$  и  $\alpha=52\%$ ,  $\beta=37\%$ . Объясняется это тем, что ЭМ2 помимо шума содержит и полезную информацию о сигнале,



вычитание которой приводит к ухудшению точности обнаружения и оценки психоэмоциональных расстройств.

Подводя итоги, можно сделать вывод, что психоэмоциональные расстройства человека в большей степени влияют на вокализованные характеристики речевого тракта, чем на невокализованные. Результаты исследований также позволяют сделать вывод, что психоэмоциональные расстройства человека достаточно полно отображаются в кепстральных информативных параметрах речевых сигналов и разработанный способ на основе адаптивной декомпозиции и кепстрального анализа успешно может тестироваться в системах дистанционного мониторинга психоэмоциональных расстройств человека.

### Литература

1 Schuller B.W. Computational Paralinguistics: Emotion, Affect and Personality in Speech and Language Processing / B.W. Schuller, A.M. Batliner // New York: Wiley. - 2013. - P. 344.

2 Huang N.E., Zheng Sh., Steven R.L. The empirical mode decomposition and the Hilbert spectrum for nonlinear and non-stationary time series analysis. Proc. R. Soc. Lond. - 1998. A 454. - P. 903 - 995.

3 Алимуратов А.К. Способ определения формантной разборчивости речи для оценки психоэмоционального состояния операторов систем управления с высокой степенью ответственности / А.К. Алимуратов, А.Ю. Тычков, П.П. Чураков, Б.В. Султанов // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. - 2019. - № 4 (30). - С. 58 - 69.

4 Colominasa, M. A. Improved complete ensemble EMD: a suitable tool for biomedical signal processing / M. A. Colominasa, G. Schlotthauera, M. E. Torres // Biomed. Signal Proces. - 2014. - Vol. 14. - P. 19 - 29.

Д.Г. Андронов, Л.С. Зеленко

## РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАБОЧЕГО МЕСТА ВРАЧА-ФЛЕБОЛОГА

(Самарский национальный исследовательский университет  
им. академика С.П. Королева)

Хронические заболевания вен (ХЗВ) широко распространены в мире, это показано в ряде эпидемиологических исследований, проведенных в разных регионах мира. В 2015 г. при обследовании жителей в сельском поселении в Центральном округе России симптомы ХЗВ были выявлены у 69,3% из 703 обследованных в возрасте старше 18 лет. Высокая распространенность ХЗВ в нашей стране подчеркивает важность точной и своевременной диагностики этой патологии, необходимость разработки технологий лечения, которые могут быть использованы максимально широко не только врачами сердечно-



сосудистого профиля, флебологами, но и общими хирургами и даже врачами других специальностей [1].

Современные медицинские организации производят и накапливают огромные объемы данных. От того, насколько эффективно эта информация используется врачами, руководителями, управляющими органами, зависит качество медицинской помощи. Поэтому необходимость использования больших, и при этом еще постоянно растущих, объемов информации при решении диагностических, терапевтических, статистических, управленческих и других задач, обуславливает создание информационных систем в медицинских учреждениях [2].

В связи с этим разработка системы, позволяющей автоматизировать работу врачей, занимающихся диагностикой хронических заболеваний вен, является актуальной.

Венозная система человека имеет очень сложную структуру, она подвергается высокой нагрузке во время ходьбы, бега и при длительном стоячем положении. Существует множество причин, провоцирующих развитие венозных патологий.

Для правильной постановки диагноза необходимо провести клинические обследования: провести анализ жалоб больного, выполнить целенаправленный сбор анамнеза, провести визуальную оценку проявлений заболевания. На сегодняшний день одна из самых распространенных классификаций заболеваний вен – классификация CEAP (Clinic-Etiology-Anatomy-Pathogenesis), учитывающая клинические проявления, этиологию, анатомическую локализацию и патогенез заболевания. Классификация CEAP рекомендована к использованию всеми ведущими профессиональными ассоциациями по флебологии. На основе классификации CEAP разработана форма обследования пациента.

Разрабатываемая система реализована в виде настольного приложения (рисунок 1) и построена по клиент-серверной архитектуре, на серверной части расположена база данных (БД), в которой хранятся все данные о пациентах и их обследованиях, на клиентской части расположена вся логика программы.

В системе предполагается разделение прав доступа, каждому врачу назначается свой список пациентов. Все показатели, которые вводит врач, разделены на категории (на рисунке 2 приведена вкладка «Классификация CEAP»), обязательно проверяются на валидность, после этого система их анализирует и при необходимости врач может посмотреть динамику развития болезни.

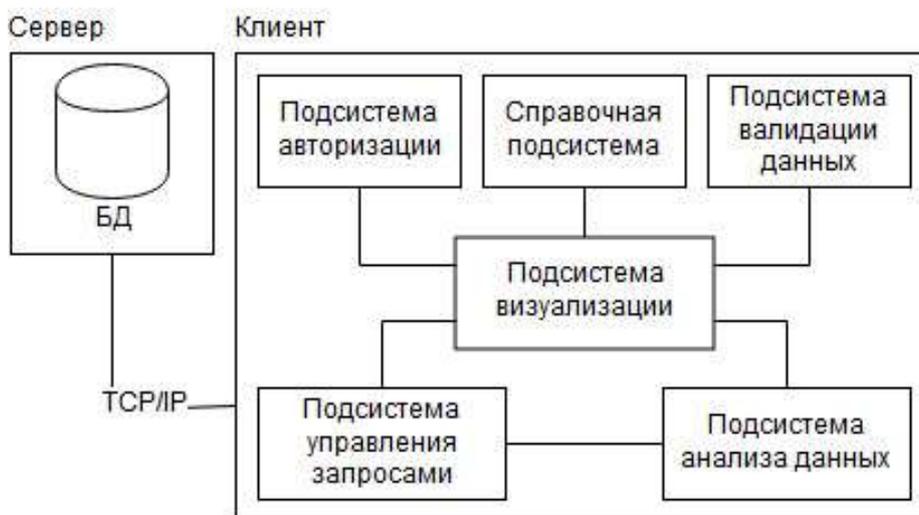


Рис. 1. Структурная схема системы

Классификация CEAP	Функциональные пробы	Типы плоскостопия	ЦДГ	Полиморфизм генов	Индекс массы тела
<b>(C) Клинический раздел</b> <input type="checkbox"/> C0 – нет видимых или пальпируемых признаков варикозного расширения вен <input type="checkbox"/> C1 – телеангиктазии или ретикулярные варикозные вены <input type="checkbox"/> C2 – варикозноизмененные подкожные вены (диаметр более 3 мм) <input type="checkbox"/> C3 – отек <input type="checkbox"/> C4 – трофические изменения кожи и подкожных тканей <input type="checkbox"/> a – гиперпигментация и/или венозная экзема <input type="checkbox"/> b – липодерматосклероз и/или белая атрофия кожи <input type="checkbox"/> C5 – зажившая венозная язва <input type="checkbox"/> C6 – открытая венозная язва	<b>(E) Этиологический раздел</b> <input type="checkbox"/> Eс – врожденное заболевание (флебодисплазии) <input type="checkbox"/> Eр – первичное заболевание (варикозная болезнь) <input type="checkbox"/> Eс – вторичное заболевание (посттромбофлебитическая болезнь) <input type="checkbox"/> Eп – не удается установить этиологический фактор	<b>(A) Анатомический раздел</b> <input type="checkbox"/> As – поверхностные вены <input type="checkbox"/> Ap – перфорантные вены <input type="checkbox"/> Ad – глубокие вены <input type="checkbox"/> An – не удается выявить изменения в венозной системе	<b>(P) Патофизиологический раздел</b> <input type="checkbox"/> Pr – рефлюкс <input type="checkbox"/> Po – окклюзия <input type="checkbox"/> Pm – сочетание рефлюкса и окклюзии <input type="checkbox"/> Pn – не удается выявить изменения в венозной системе		

Рис. 2. Экранная форма осмотра пациента, блок «Классификация CEAP»

Применение данной системы на практике позволит выявить заболевания на самых ранних их стадиях и простит динамическое наблюдение за группами пациентов.

### Литература

- 1 Стойко Ю.М. и др. Российские клинические рекомендации по диагностике и лечению хронических заболеваний вен. Флебология, №3, 2018. С. 153.
- 2 ИТ в медицине [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cnews.ru/reviews/freepublichealth/article/region.shtml> (дата обращения: 03.04.2020).



Д.В. Вакуленко, А.Г. Кравец

## МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ОСНОВЕ СУПЕРПИКСЕЛЬНОЙ СЕГМЕНТАЦИИ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

(Волгоградский государственный технический университет)

**Аннотация.** Статья посвящена суперпиксельной сегментации изображений для решения задачи мониторинга состояния сельскохозяйственных земель по цифровым снимкам. Разделение цифрового изображения на несколько сегментов со схожими визуальными характеристиками достаточно широко применяется в обработке изображений. Приведенный подход демонстрирует возможность получения информации о плотности всходов растительности каждого из установленных классов на изображении и может быть отнесен к этапу предобработки для дальнейшего анализа и принятия решений в данной предметной области. Основное отличие предлагаемого подхода от аналогов заключается в работе с более содержательными, семантически наполненными сущностями изображения - суперпикселями, что позволяет на несколько порядков снизить число итераций кластеризации и, соответственно, достичь компромисса между скоростью работы и точностью результата алгоритма.

*Ключевые слова:* обработка цифровых изображений, предварительная сегментация, пиксельная карта, кластеризация, поле признаков сегмента.

### Введение

Охват новшеств нынешнего дня говорит в пользу внедрения космического сегмента в процесс пространственного исследования поверхности Земли в целом и возможности проводить эффективные наблюдения за состоянием зон произрастания растительных ареалов в частности. Управление системой агропромышленного производства требует достоверных методов обработки и анализа натуральных данных в режиме реального времени для возможности принятия взвешенного, обоснованного и своевременного решения, нацеленного на эффективное функционирование системы в целом и рост сельскохозяйственной продукции. В данной работе предложен алгоритм, работающий с пиксельной картой снимка на уровне выделения суперпикселей. Пространственная организация спектральной яркости пикселей носит случайный характер, что обуславливает целесообразность решения задачи разбиения изображения на непересекающиеся области в пространстве спектральных признаков, используя функционал похожести [6,7].

### Обзор существующих методик

Задача автоматического детектирования наземных объектов является одной из наиболее интересных задач современного компьютерного зрения,



решение которой неизбежно затрагивает поиск компромисса между компактностью представления и точностью выделения контуров объектов на снимке области интереса. Задача разрешима при использовании широкого спектра различных подходов. Среди них выделяются методы разрастания областей, поиска минимального остовного дерева на графах; метод водораздела, использующий абсолютную величину градиента яркости изображения, и многие другие [2,3]. Общая тенденция сводится к поиску баланса калибровки анализируемых параметров таким образом, чтобы согласованность дешифрованных объектов и их границ на снимке и реальных ареалах была как можно выше [7,9]. Трудность обработки дополняется высокой изменчивостью объектов внутри одного класса и высокой схожестью элементов объектов разных классов.

### Алгоритм суперпиксельной сегментации

Алгоритм, который исследуется в этой работе, базируется на единовременном выделении связанных фрагментов изображения и параллельном вычислении их признаков за проходение одной итерации. Сильные стороны, говорящие в пользу алгоритма, заключаются в следующем:

- 1) пиксели со схожими метриками выступают в качестве согласованной единицы;
- 2) возможность установления связей между отдаленными друг от друга пикселями;
- 3) сравнительно низкая вычислительная сложность (вычислительная эффективность снижает время обработки и распознавания изображения).

Результатом обработки изображения является плотность всходов сельскохозяйственных культур в каждом из выделенных классов, оценка их площади и границ, выявление закономерностей формирования урожая в целом.

В качестве входных данных определим классифицируемое изображение как (1)

$$I = F(x, y) \in R^d, x \in [1, K], y \in [1, N] \quad (1)$$

$d$  - количество спектральных компонент изображения;

$K \times N$  - размер изображения

Описываемый подход к построению алгоритма сегментации включает в себя следующие этапы:

### Предварительная сегментация

Начало работы связано с выделением суперпикселей  $S_j, j = 1, \dots, J$ , на исходном изображении  $F(x, y)$  объединяющих пиксели, относительно близкие в пространстве признаков так, что на выходном изображении  $S(x, y)$  значению пикселя в точке  $x, y$  будет присвоен индекс соответствующего суперпикселя  $j$ . Диапазон вариации яркостей пикселей задается пользователем и служит мерой однородности для отнесения каждой области изображения к определенному фрагменту сегментации. Выбор подходящей меры однородности  $\delta$ , которая



позволит различать анализируемые структуры изображения друг от друга, выполняя поиск в соответствии со значением установленного порога. Чем выше значение параметра, тем более несхожие по цвету и отдаленные пиксели будут объединяться в один фрагмент, и тем, следовательно, выше вероятность объединения пикселей разных классов интереса. В противном случае, небольшое значение параметра разобьет изображение на мелкие фрагменты, включающие в себя незначительное количество элементов [4,9]. Цель подбора этого параметра – установить такое балансирующее значение, при котором будет достаточно точно определяться граница между объектами неоднородной структуры изображения при минимально возможном числе сегментируемых фрагментов.

Обозначим отклонение пикселя  $p$  от средней яркости фрагмента(2):

$$\forall p \in S \left| I(p) - \frac{1}{N} \sum_{q \in S} I(q) \right| < \delta \quad (2)$$

Введем обозначения:

$I(A)$  - яркость пикселя (отсчета)

$Cl_{avg}(B)$  - средняя яркость области, к которой принадлежит  $B$

Изображение подлежит построчному сканированию. Пусть отсчет  $A$  не является первым опорным пикселем  $\{A(x, y) : x \neq 1, y \neq 1\}$ , тогда итеративная процедура сканирования будет выполнять проверку условий и запускать соответствующие операции:

Создать новую область, присоединить к ней пиксель  $A$

$$\text{if } |I(A) - Cl_{avg}(B)| > \delta \text{ и } \text{if } |I(A) - Cl_{avg}(C)| > \delta \quad (3)$$

Добавить  $A$  к одной из областей

$$\text{if } |I(A) - Cl_{avg}(B)| \leq \delta \text{ или } \text{if } |I(A) - Cl_{avg}(C)| \leq \delta \quad (4)$$

$$\text{if } |I(A) - Cl_{avg}(B)| \leq \delta \text{ и } \text{if } |I(A) - Cl_{avg}(C)| \leq \delta, \text{ то:} \quad (5)$$

Провести слияние области  $B$  и  $C$ , которые вместе не нарушают требования однородности (6):

$$|Cl_{avg}(B) - Cl_{avg}(C)| \leq \delta \quad (6)$$

Добавить пиксель  $A$  к тому классу, отклонение от которого минимально:

$$|Cl_{avg}(B) - Cl_{avg}(C)| > \delta \quad (7)$$

Продолжать итерации необходимо до тех пор, пока остаются регионы, которые можно объединить.



### Признаковое вычисление статистических метрик по сегментам

Целью данного этапа является переход от регулярной структуры изображения к множеству векторов-признаков

$f_j \in R^L$ ,  $L$  – количество признаков. В качестве признаков для суперпикселей рассчитать статистические характеристики каналов (среднее, дисперсия, максимальное по сегменту значение).

#### Создание обучающей выборки

Каждый выделенный суперпиксель должен быть сопоставлен с определенным классом состояния всходов изучаемого растительного сообщества, и такая принадлежность устанавливается с помощью маски классов состояния растительности.

Для формирования маски классов на исходном изображении  $F(x, y)$  выделим  $i = 1, \dots, I$  областей на множествах координат пикселей:

$$Z_i = \{(x, y) : Z(x, y) = i\} \quad (8)$$

Чтобы сформировать обучающую выборку  $V$  переопределим суперпиксели как  $S_g$ ,  $g = 1, \dots, G_i$ , предполагая, что имеет место пересечение данного однородного фрагмента с пикселями  $Z_i$  класса  $i$ , и упорядочим по убыванию фрагментарные области с наибольшей площадью пересечения с множеством пикселей  $Z_i$  (9):

$$V = \{S_g \cap Z_i \mid = \max, Z_i \cap Y_i \neq \emptyset\} \quad (9)$$

Обучающая выборка должна представлять собой множество номеров суперпикселей  $S_g$  которым поставлены в соответствие векторы признаков фрагментарных областей  $f_g$ , отнесенных к соответствующему сегментируемому фрагменту на предыдущем шаге технологии.

#### Инициализация количества кластеров

На данном шаге производится кластеризация векторов признаков  $f_j$  всего изображения. За этим расслоением стоит разметка скелета суперпикселей, упорядоченных согласно минимуму евклидова расстояния между значениями цветовых компонент однородной фрагментарной области и центром кластеров.

Результатом семантической кластеризации изображения является изображение-карта разметки индексов кластеров исходного изображения. Все пиксели, сгруппированные в суперпикселе  $S_j$ ,  $j = 1, \dots, J$ , должны попасть в один кластер и соотноситься с одним классом состояния растительности, который, в свою очередь, согласуется с определенным вектором признаков  $f_j$ .

#### Расчет плотности полученных информационных классов

Выходными данными предлагаемой технологии является размеченное на кластеры изображение с плотностью всходов  $p(i, x, y)$  растительных классов



$i = 1, \dots, I$ , выделенных на изображении. Плотность можно оценить как количество точек, попавших в окрестность с определенным радиусом.

$$p(i, x, y) = \frac{|P_i(x, y)|}{|P(x, y)|} \quad (10)$$

$P_i(x, y)$  - количество пикселей класса  $i$  во фрагменте  $P(x, y)$

$P(x, y)$  - общее количество пикселей в окрестности.

### Оценка качества проведенной кластеризации

Итерационный процесс кластеризации гарантированно сходится, но он может не привести к оптимальному решению. Качество кластеризации определяется четко выделенными однородными областями, распознаванием их правильного положения и достоверных размеров. Сегментация вправе считаться успешно проведенной в случае нахождения компромисса между компактностью представления и точностью выделения контуров объектов. При подборе неподходящих параметров согласованность границ кластеров с границами объектов, присутствующих на изображении, может не сохранить свою информативность, и разбить изображение на множество мелких фрагментов. Избыточная или недостаточная сегментация усложняет получение приемлемого решения задачи, противоречит основной цели сегментации и приводит к ошибочным результатам [1,8,9,10]. В качестве оценочного критерия может выступать параметр регулирования цветовой компактности кластера с учетом цветовых характеристик и образующих текстур изображения.

Цель подбора параметра детализации сегментации  $P_s$  заключается в оптимальном выборе значения, при котором будет достаточно точно определяться граница и содержание кластеров при их минимально возможном числе. В целом необходимо решить задачу вида (11):

$$(da^2 + db^2 + dc^2) * P_s + dx^2 + dy^2 \leq \delta \quad (11)$$

$da, db, dc$  - расстояние между пикселями по компонентам цвета;

$P_s$  - параметр, задающий детальность сегментации;

$dx, dy$  - разность координат сравниваемых пикселей;

$\delta$  - параметр, задающий максимальное расстояние между пикселями, при котором их можно объединить в один кластер.

Регулируемые параметры зависят от конкретного цветового и координатного положения пикселей, а также степени текстурной изменчивости исследуемого изображения и опираются на следующие особенности:

- цветовая схожесть пикселей;
- пространственное (координатное) положение пикселей;
- размер искомых детектируемых объектов;
- гладкость текстуры изображения.

На основе можно определить следующие рекомендации для определения интервала выбора значений параметра сегментации:

- чем больше значение параметра, тем выше окажется схожесть цветов в кластере и тем детальнее осуществится разбиение;



- чем меньше размер искомых объектов, тем больше необходимость увеличения значения параметра;
- чем слабее изменчивость текстуры, тем менее жесткие требования предъявляются к искомому параметру и целесообразнее выбор его меньшего значения.

Изменчивость текстуры можно описать как среднюю разность по цвету между всеми парами соседних пикселей, имеющих общую сторону:

$$HContrast = \frac{1}{K * (N - 1)} \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^{N-1} dist(I_{i,j}, I_{i,j+1}) \quad (12)$$

$$VContrast = \frac{1}{(K - 1) * N} \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^{K-1} dist(I_{i,j}, I_{i+1,j}) \quad (13)$$

$K, N$  - высота и ширина изображения в пикселях;

$I_{i,j}$  - цвет пикселя в позиции  $i, j$

$$Texture = HContrast + VContrast \quad (14)$$

Проверка обозначенных зависимостей будет раскрыта в будущем исследовании, эксперименты на реальных данных покажут устойчивость алгоритма при варьировании различных показателей эффективности. Комплексная оценка качества сегментации осуществляется по выделению показателей, сгруппированных в табл.1. Это позволит перейти от адаптации отдельного параметра к настройке комплексной системы эффективной работы всего алгоритма [1,4].

Таблица 1. Показатели оценки качества алгоритма

Наименование показателя	Критерий качества процесса сегментации	
Показатели точности	процент обнаруженных границ	→ max
	избыточность сегментации	→ min
	максимально достижимая точность результирующей сегментации	→ max
Показатели компактности	среднеквадратичное отклонение размеров фрагментов	→ min
	изодиаметрический и изопериметрический коэффициенты (отношение площади фрагмента к площади круга с аналогичными диаметром и периметром)	→ max
Показатели устойчивости	устойчивость к шумам: степень зависимости от доли искаженных пикселей изображения, рассчитываемая для границ суперпикселей	→ max
Показатель быстродействия	время работы алгоритма	→ min



### Заключение

Предлагаемый подход заключается в кластеризации пространства спектральных каналов, классификации сегментов изображения, полученных на основе кластеров и вычислении итоговой плотности входов на основе доли пикселей определенного класса внутри сегмента. Подход ориентирован на мультиспектральные данные дистанционного зондирования Земли и служит в качестве способа экспертизы качества созревания растений в сфере агропромышленного возделывания культур. Каждая технология обработки релевантна тому диапазону условий, для которых создана, поэтому описанный алгоритм ограничивается своим классическим наполнением и обладает возможностями для модификации: на основе идейного направления возможно создание конгломерата нескольких подходов, когда недостатки каждого по отдельности при грамотной комбинации могут обернуться преимуществом. Поскольку работа над проектом продолжается, адекватность принятых теоретических решений будет проверена путем тестирования на коллекции аэрофотоснимков видимого и инфракрасного диапазонов.

### Литература

1. Абакумов, В.Г. Повышение эффективности обработки образной информации в автоматизированных системах [Текст] / В.Г Абакумов, В.Н. Крылов, С.Г. Антощук // Электроника и связь: Темат. вып. «Проблемы электроники». – 2005. – Ч. 1. – С. 100 – 105.
2. Егорова, Е.А. Анализ методов сегментации изображений [Текст] // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2006, №5/2 (23).– С.67-71.
3. Калинин, П.В. Графовый подход к пересегментации иерархического изображения [Текст]/ П.В. Калинин, А.А. Сирота // Компьютерное зрение и образ Понимание. - 2015. - Т.130. - С. 80-86.
4. Левашкина, А.О. Исследование супервизорных критериев оценки качества сегментации изображений [Текст] /А.О. Левашкина, С.В. Поршневу// Известия Томского политехнического университета. – 2008. Т. 313, №5. - С.28-33
5. Малик, Дж. Нормализованные срезы и сегментация изображения [Текст]/ Дж. Малик, Дж. Ши // IEEE транзакции по анализу паттернов и машинному интеллекту. -2000. - №8, Т. 22. - С. 888-905.
6. Разбиение изображения на области, однородные относительно заранее выбранных критериев [Электронный ресурс]; ред. Цао Чэнь.– Режим доступа: [http:// niclifmo.ru/publications/ articles/ Maior Read2009/MREAD2009 Zao Chen.pdf](http://niclifmo.ru/publications/articles/Maior_Read2009/MREAD2009_ZaoChen.pdf).
7. Способы представления воксельного ландшафта при проектировании систем виртуальной реальности [Электронный ресурс] / Моделирование, оптимизация и информационные технологии; ред. В.Д. Шакаев, А.Г. Кравец; Научный сетевой журнал. - 2019. - Т. 7, № 1 (24). - С. 309-327. – Режим доступа: [https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2019/04/Issue\\_1\(24\)\\_2019.pdf](https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2019/04/Issue_1(24)_2019.pdf).



8. Patents Images Retrieval and Convolutional Neural Network Training Dataset Quality Improvement [Электронный ресурс] / Proceedings of the IV International research conference «Information technologies in Science, Management, Social sphere and Medicine» (ITSMSSM 2017); ed. by O.G. Berestneva, A.G Kravets, N. Lebedev, M. Legenchenko; [Published by Atlantis Press], 2017. – P. 287-293. – (Ser. Advances in Computer Science Research (ACSR) ; Vol. 72). – URL: <https://www.atlantis-press.com/proceedings/itsmssm-17>.

9. The Study of Neural Networks Effective Architectures for Patents Images Processing [Text]: Creativity in Intelligent Technologies and Data Science (CIT&DS 2019) : Third Conference (Volgograd, Russia, September 16–19, 2019 : Proceedings. Part II / [Editors: A. Kravets, P. Groumpos, M. Shcherbakov, M. Kultsova].– Volgograd State Technical University [et al.]. – Cham (Switzerland) : Springer Nature Switzerland AG, 2019. – P. 27-41. – (Ser. Communications in Computer and Information Science (CCIS) ; Volume 1084).

10. The Berkeley Segmentation Dataset and Benchmark / University of California, Berkeley. – Режим доступа: <https://www2.eecs.berkeley.edu/Research/Projects/CS/vision/bsds/>.

А.В. Головастикова, К.Е. Климентьев

## ЗАДАЧА МОДЕЛИРОВАНИЯ «УМНОГО» КОМПЬЮТЕРНОГО КОНТРАГЕНТА

(Самарский университет)

**Введение.** В Самарском университете силами преподавателей и студентов продолжается разработка, отладка и тестирование инструментальной среды, предназначенной для имитационного моделирования процессов размножения и взаимодействия популяций самовоспроизводящихся сущностей, таких как компьютерные вирусы и черви, болезнетворные микроорганизмы, пожары и т.п. – см. работу [1]. Моделью отдельной сущности при этом является «агент» – автономный программный модуль, обладающий набором свойств (атрибутов) и алгоритмов поведения (методов, протоколов). Эти свойства и алгоритмы могут быть не только жестко фиксированными на этапе разработки, но и самообучаемыми под конкретную ситуацию в процессе имитации. Это возможно благодаря внутренней организации инструментальной среды, состоящей из: 1) исполняющей среды («движка»); 2) библиотеки агентов; 2) генератора «мира», в котором «живут» агенты (см. рис. 1).

При этом «агенты» могут быть оформлены в виде довольно сложных программных модулей, использующих методы искусственного интеллекта – генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети, системы продукций и прочее.

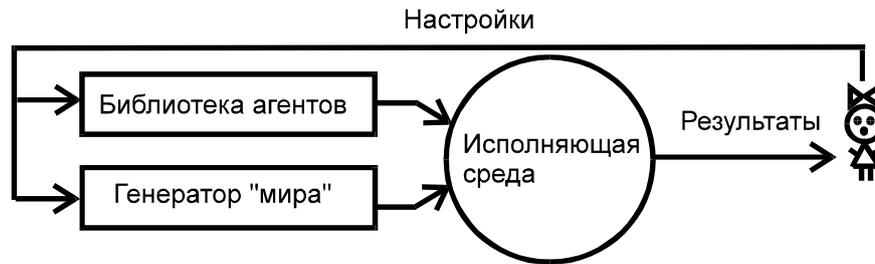
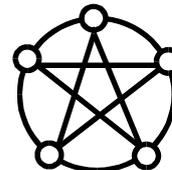
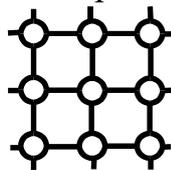


Рис. 1. – Структура моделирующей системы

**Постановка задачи.** Настоящая статья посвящена описанию и анализу ряда простых моделей, предполагаемых к реализации средствами упомянутой выше среды моделирования.



- а) «Мир» типа «8-связная решетка»      б) «Мир» типа «полносвязный граф»

Рис. 2. Графовые представления «миров»

**Модель 1.** Волки и овцы на лугу в рамках сценария «хищник-жертва». Эта модель подробно описана в работе [3], поэтому здесь приводится лишь краткое ее описание.

«Мир» этой модели представляет собой «закольцованную плоскость», то есть, в терминах работы [1], граф типа «8-связная решетка» (см. рис. 2,а).

В рамках модели действуют агенты трех типов: 1) волки (хищники); 2) овцы (травоядные); 3) растения. В одной вершине графа могут находиться сразу несколько агентов, при этом они могут взаимодействовать, а именно: 1) волк может съесть овцу; 2) овца может съесть растение. При поедании у агента (волка или овцы) повышается внутренняя энергия («потенция»), при достижении которой порогового значения автоматически (то есть вне зависимости от окружающих условий) происходит «деление» агента на две идентичные особи, обладающие 50% порогового значения «потенции» каждая.

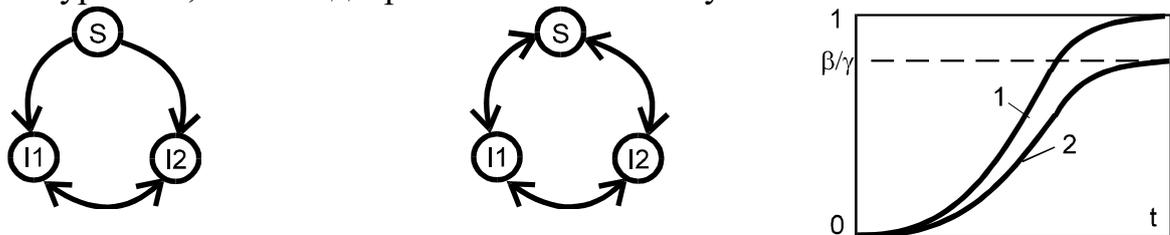
Кроме того, агенты способны выполнять еще два действия: 1) поворот в пространстве направо или налево; 2) перемещение в направлении взгляда.

Модель предусматривает наличие внутри каждого агента простой нейронной сети типа «персептрон» (см., например, [4]) без скрытых слоев с 12 входами типа: «овца рядом», «растение впереди», «хищник справа» и т.п. и 4 выходами, на которых по принципу «победитель получает все» формируется признак рекомендуемого действия, а именно: поворот направо или налево, перемещение, поедание. Гибнущие особи теряют состояние своих синапсов, выжившие и размножившиеся сохраняют и, более того, продолжают обучение. Таким образом, в процессе моделирования агенты обучаются целесообразному поведению с целью выживания.



В работе [3] приводятся исходные тексты моделирующей программы и результаты некоторых экспериментов. Воспроизведение данной модели средствами моделирующей среды [1] служит целям ее (среды) отладки и тестирования.

**Эпидемии SIS-типа.** Под «SIS-эпидемией» понимаются процессы размножения и простой конкуренции сущностей различных типов. То есть, сущности одного типа, захватывая жизненное пространство, «вытесняют» своих конкурентов, сами подвергаясь аналогичному «вытеснению».



а) Смена состояний, вар. 1 б) Смена состояний, вар. 2 в) Развитие эпидемий  
Рис. 3. Свойства эпидемий SI- и SIS-типов

При этом возможны переходы из состояния S (уязвимый) в состояния I1 (инфицирован сущностью 1-го типа) или I2 (инфицирован сущностью 2-го типа), а также переходы из I1 в I2 и наоборот (см. рис. 3,а). Теория эпидемий подобного типа (см., например, работу [2]) показывает, что в отличие от эпидемий SI-типа (см. кривую 1 на рис. 3, в) полного заполнения пространства сущностями одного типа не происходит, а достигается некоторое равновесное состояние (эквilibrium) на уровне  $\rho = \beta/\gamma$ , где  $\beta$  и  $\gamma$  – суть коэффициенты размножения сущностей 1-го и 2-го типов соответственно (см. кривую 2 на рис. 3, в). Примером развития эпидемии по SIS-типу является противостояние в Интернете компьютерных червей Bagle и Netsky в 2004 г.

**Концепция компьютерного контрчервя.** Контрчервь – «полезная» антивирусная программа, обладающая свойством саморазмножения, подобно «вредоносному» червю. Вопросы эффективности подобных программ и законности их применения до сих пор спорны. Примеры практического применения контрчервей (например, борьба контрчервя Welchia с червем Lovesan – см. [2]) не дают однозначного ответа. Однако, очевидно, что эффективность «полезного» контрчервя может быть обеспечена только при наличии у него некоторого исключительного свойства, обеспечивающего решающее преимущество. Примеры подобных свойств: повышенная скорость распространения; способность «вакцинировать» (делать «неуязвимыми») узлы сети; собственная «неуязвимость»; способность «прицельно» воздействовать только на зараженные узлы, игнорируя остальные и т.п.

**Модель 2.** Самообучающийся контрчервь в вычислительной сети.

«Мир» этой модели соответствует адресному пространству сети Интернет и представляет собой граф типа «каждый с каждым» (см. рис. 2,б).

В рамках этой модели действуют «агенты» двух типов.



«Вредоносный» червь сканирует адресное пространство случайным образом и, встретив свободный узел или узел, в котором размещен контрчервь, «заражает» его, размещая в нем свою копию, также способную к сканированию и размножению. Единственным ограничивающим фактором является заполнение доступного пространства, в результате чего эпидемия протекает в соответствии с законами SI-модели (см. рис. 3,в, кривая 1).

«Полезный» контрчервь сканирует адресное пространство случайным образом и: 1) встретив свободный узел, либо «заражает» его, либо пропускает; 2) встретив узел, зараженный «вредоносным» червем, либо очищает его, либо заражает своей копией; 3) встретив узел, зараженный «полезным» контрчервем, либо очищает его, либо пропускает. Важно, что узлы, зараженные «полезным» контрчервем, уязвимы к заражению «вредоносным» червем. Возможные переходы между состояниями в рамках этой модели показаны на рис. 3,б.

В описанный варианте модели «полезный» контрчервь не имеет решающих преимуществ над «вредоносным» червем, поэтому, как показано в работе [5], их взаимодействие будет протекать в рамках классической SIS-модели (см. рис. 3,в, кривая 2).

В качестве «волшебного» свойства предлагается включение в сеть неуязвимого в заражению узла—«приманки» (англ. honeypot – медовый горшочек), который подсчитывает количество попыток заразить его червями и контрчервями. В процессе работы экземпляры контрчервя способны получать информацию от «приманки» и, таким образом, оценивая степень зараженности сети «противниками»-червями и «коллегами»-контрчервями, корректировать свое поведение.

Модель предусматривает наличие внутри каждого агента простой нейронной сети типа «персептрон» без скрытых слоев с 5 входами, предполагаемая структура которой проиллюстрирована на рис. 4. Перед началом моделирования во все синапсы искусственных нейронных сетей для всех агентов типа «контрчервь» помещаются случайные значения. Как предполагается, в процессе моделирования будут «выживать» только агенты, демонстрирующие рациональное поведение.

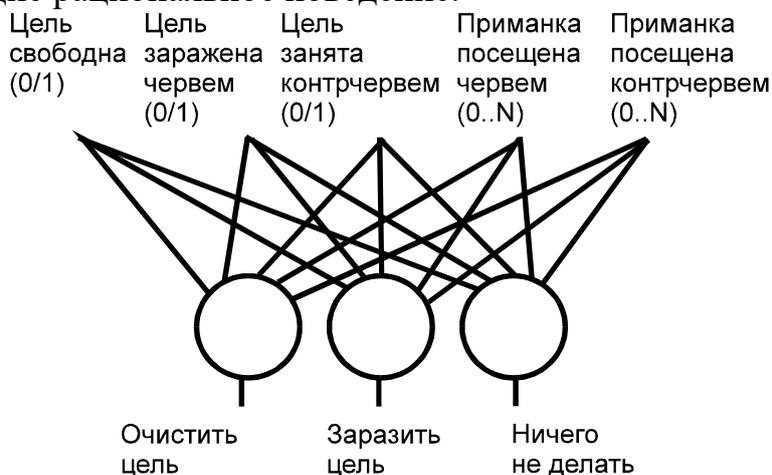


Рис. 4. Предполагаемая структура нейронной сети



**Заключение.** Таким образом, в работе поставлена и частично решена задача моделирования самообучающегося компьютерного контрчервя. Представлена концепция такого контрчервя. Также предложена идея расположенной в сети следящей «приманки», служащей для популяции «полезных» контрчервей дополнительным фактором «быстрого» и «правильного» обучения. Предполагаются реализация и изучение модели, использующей эти концепции и идеи, в рамках студенческих НИР, а также при выполнении ВКР бакалавра и магистра на кафедре ИСТ Самарского университета.

### Литература

1. Климентьев К.Е. Мультиагентное моделирование процессов распространения и взаимодействия инфицирующих сущностей // Программные продукты и системы, 2018. Т.31. №1. – С. 72-77.
2. Климентьев К.Е. Компьютерные вирусы и антивирусы: взгляд программиста. – М.: ДМК-Пресс, 2013. – 656 с.
3. Джонс Т. Программирование искусственного интеллекта в приложениях. – М.: ДМК-Пресс, 2006. – 312 с.
4. Каллан Р. Основные концепции нейронных сетей. – М.: Изд. дом. «Вильямс», 2003. – 288 с.
5. Tanachaiwiwat S., Helmy A. Analysis of worm interaction: in wired and wireless networks. - VDM Verlag Book, 2009 – 136 pp.

О.К. Головнин, К.О. Балашов

## ПОСТРОЕНИЕ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ АНАЛИЗА НАРУЖНЫХ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕДОНОСНЫХ ПЧЕЛ

(Самарский университет)

Многие наружные морфологические характеристики живых организмов и, в частности, медоносных пчел, могут быть оценены визуально – по видеозаписи или фотографии. Автоматизация осмотра может быть достигнута за счет использования нейросетевых технологий, которые показывают хороший уровень развития для решения задач извлечений знаний из потоковых источников данных [1-3]. Реализация нейросетевого подхода обеспечит автоматизацию осмотра улья без нарушения рабочего процесса пчел, что позволит повысить качество проводимого осмотра и сократить его время.

Таким образом, цель работы – построение сверточной нейронной сети для анализа наружных морфологических характеристик медоносных пчел в задаче контроля состояния здоровья пчел.



В результате проведенного анализа особенностей построения сверточных нейронных сетей выбрана следующая функция потерь для проведения обучения:

$$E(w) = -\sum_{i=1}^N (y_i \ln a_i + (1 - y_i) \ln(1 - a_i)) \rightarrow \min,$$

где  $y$  – целевой вектор,  
 $a$  – выходной вектор.

Приведенная функция эффективна для решения задачи бинарной классификации при взаимодействии с логистической функцией активации. В качестве метода оптимизации градиента выбран метод Adam [4], который используется вместо классической процедуры стохастического градиентного спуска для итеративного обновления весов на основе данных обучения. Оптимизатор Adam и метод обратного распространения ошибки реализованы с помощью библиотеки Keras [5].

Использовался набор данных для обучения, который состоит из 5100 изображений пчел с аннотациями местоположения, даты, времени, подвида, состояния здоровья, касты и пыльцы. Исходная партия изображений извлечена из неподвижных и замедленных видеозаписей пчел. При усреднении кадров для расчета фонового изображения каждый кадр видеозаписи обрезается, изображения пчел вырезаются из рамки, что обеспечивает присутствие на каждом изображении только одной пчелы. Поскольку каждая видеозапись сопровождается информацией о пчелах и улье, процесс маркировки является полуавтоматическим. Пример полученного изображения приведен на рисунке 1.



Рис. 1. Пример входного изображения пчелы

Таким образом, построена и обучена сверточная нейронная сеть, предназначенная для анализа наружных морфологических характеристик медоносных пчел, а именно – для решения задачи выявления заболеваний. Точность построенной нейросети на валидационных данных составила 77.32% (процесс обучения приведен на рисунке 2).



```
50/50 [=====] - 4s 76ms/step - loss: 0.3967 - accuracy: 0.8580 - val_loss: 0.7551 - val_accuracy: 0.7036
Epoch 5/20
50/50 [=====] - 4s 72ms/step - loss: 0.3736 - accuracy: 0.8730 - val_loss: 0.6434 - val_accuracy: 0.7242
Epoch 6/20
50/50 [=====] - 4s 72ms/step - loss: 0.3497 - accuracy: 0.8826 - val_loss: 0.5665 - val_accuracy: 0.7680
Epoch 7/20
50/50 [=====] - 4s 72ms/step - loss: 0.3181 - accuracy: 0.8938 - val_loss: 0.6234 - val_accuracy: 0.7113
Epoch 8/20
50/50 [=====] - 4s 75ms/step - loss: 0.2832 - accuracy: 0.9043 - val_loss: 0.6805 - val_accuracy: 0.7603
Epoch 9/20
50/50 [=====] - 4s 72ms/step - loss: 0.2831 - accuracy: 0.8982 - val_loss: 0.6540 - val_accuracy: 0.7706
Epoch 10/20
50/50 [=====] - 4s 72ms/step - loss: 0.2744 - accuracy: 0.9063 - val_loss: 0.4691 - val_accuracy: 0.8144
Epoch 11/20
50/50 [=====] - 4s 74ms/step - loss: 0.2775 - accuracy: 0.9026 - val_loss: 0.7980 - val_accuracy: 0.7345
Epoch 12/20
50/50 [=====] - 4s 76ms/step - loss: 0.2490 - accuracy: 0.9157 - val_loss: 0.4837 - val_accuracy: 0.8067
Epoch 13/20
50/50 [=====] - 4s 74ms/step - loss: 0.2581 - accuracy: 0.9114 - val_loss: 0.5207 - val_accuracy: 0.8144
Epoch 14/20
50/50 [=====] - 4s 72ms/step - loss: 0.2561 - accuracy: 0.9131 - val_loss: 0.6263 - val_accuracy: 0.7423
Epoch 15/20
50/50 [=====] - 4s 74ms/step - loss: 0.2664 - accuracy: 0.9063 - val_loss: 0.3955 - val_accuracy: 0.8531
Epoch 16/20
50/50 [=====] - 4s 75ms/step - loss: 0.2296 - accuracy: 0.9167 - val_loss: 0.6228 - val_accuracy: 0.7732
Epoch 17/20
50/50 [=====] - 4s 72ms/step - loss: 0.2655 - accuracy: 0.9128 - val_loss: 0.6084 - val_accuracy: 0.7706
Epoch 18/20
50/50 [=====] - 4s 72ms/step - loss: 0.2211 - accuracy: 0.9284 - val_loss: 0.5112 - val_accuracy: 0.8015
Epoch 19/20
50/50 [=====] - 4s 74ms/step - loss: 0.2178 - accuracy: 0.9260 - val_loss: 0.4850 - val_accuracy: 0.8067
Epoch 20/20
50/50 [=====] - 4s 72ms/step - loss: 0.2406 - accuracy: 0.9189 - val_loss: 0.6433 - val_accuracy: 0.7732
```

Рис. 2. Процесс обучений нейросети

Проведенная классификация по тестовой выборке приведена на рисунке

3.

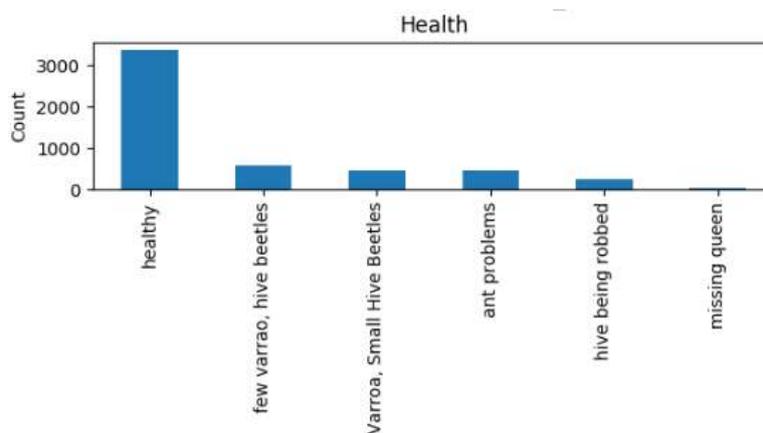


Рис. 3. Классификация пчел по здоровью

Полученная нейронная сеть, при использовании в составе системы видеонаблюдения за ульем, позволит обеспечить контроль типичных заболеваний пчел. Дальнейшая работа будет направлена на расширение спектра задач, решаемых с помощью полученной нейросети.

### Литература

1 System of audio mining for obtaining traffic flow characteristics / A.S. Privalov, O.K. Golovnin // Information Technologies for Intelligent Decision Making Support: Proceedings of the 7th All-Russian Scientific Conference. – Ufa, 2019. – Vol. 1. – P. 7–10.

2 Нейросетевой анализ данных в задаче прогнозирования риска возникновения причин дорожно-транспортных происшествий / О.К. Головин,



Е.В. Сидорова // Перспективные информационные технологии: труды междунар. конф. – Самара: СНЦ РАН, 2019. – С. 435-437.

3 Нейронные сети: Полный курс / С. Хайкин, Н.Н. Кусскуль, А.Ю. Шелестова. – М.: Вильямс, 2008. – 1103 с.

4 Adam Optimization Algorithm for Deep Learning. – Режим доступа: [machinelearningmastery.com/adam-optimization-algorithm-for-deep-learning/](http://machinelearningmastery.com/adam-optimization-algorithm-for-deep-learning/).

5 Keras: The Python Deep Learning library [Электронный ресурс] // Keras Documentation. – URL: <http://keras.io/>.

О.К. Головнин, А.В. Маркелов

## РАЗРАБОТКА ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА ПО СТРАТЕГИИ UX/UI ДЛЯ МОБИЛЬНОГО ФИТНЕС-ПРИЛОЖЕНИЯ

(Самарский университет)

Огромную роль в жизни современного программного продукта играет пользовательский интерфейс – без хорошего интерфейса сложно добиться роста числа активных пользователей приложения, особенно в том случае, если приложение предназначено для мобильных устройств. В настоящее время проектирование и разработка пользовательского интерфейса осуществляется в соответствии со стратегией UX/UI, при которой во главу ставится пользовательский опыт, то есть то, как пользователь взаимодействует с программным продуктом [1-3].

Цель настоящей работы – проектирование пользовательского интерфейса в соответствии со стратегией UX/UI для мобильного фитнес-приложения поддержки ведения здорового образа жизни. Функционал и назначение мобильного приложения приведены в [4, 5].

При разработке пользовательского интерфейса были учтены внешние, моторные и когнитивные нагрузки, действующие на пользователя.

Внешние нагрузки (нагрузки окружающей среды) – возможные отвлекающие факторы. В случае фитнес-приложения контекст приложения позволяет точно определить места и ситуации, в которых пользователь будет использовать приложение, и локализовать отвлекающие факторы.

Моторные нагрузки определяются способом удержания устройства пользователем. Поскольку при использовании фитнес-приложения способ удержания не может быть определен исходя из функций приложения, используются статистические сведения [3]: 49% пользователей держат телефон одной рукой и взаимодействуют с устройством большим пальцем. Таким образом определены «зоны большого пальца», в которых располагаются главные элементы управления.

Когнитивные нагрузки определяют сложность восприятия пользователем информации, т.е. уровень использования приложением умственной и запоминающей способностей пользователя. С целью снижения когнитивных



нагрузок в мобильном фитнес-приложении используется одновременно не более 7 интерактивных элементов на одном экране, а большое количество информации и сложные процессы разделены на несколько частей. Кроме этого, у пользователей уже может быть опыт использования аналогичных фитнес-приложений, поэтому интерфейс соответствует ожиданиям типичных пользователей и реализует общие шаблоны разработки интерфейса. Навигационное меню расположено внизу экрана, как это принято для мобильных устройств. Количество информационных элементов сведено к минимуму, а также разделено по смыслу на несколько частей.

Таким образом, при разработке графического интерфейса мобильного фитнес-приложения, представленного в [4, 5], использовались концепции стратегии UX/UI. Разработанный интерфейс приведен на рисунке 1.

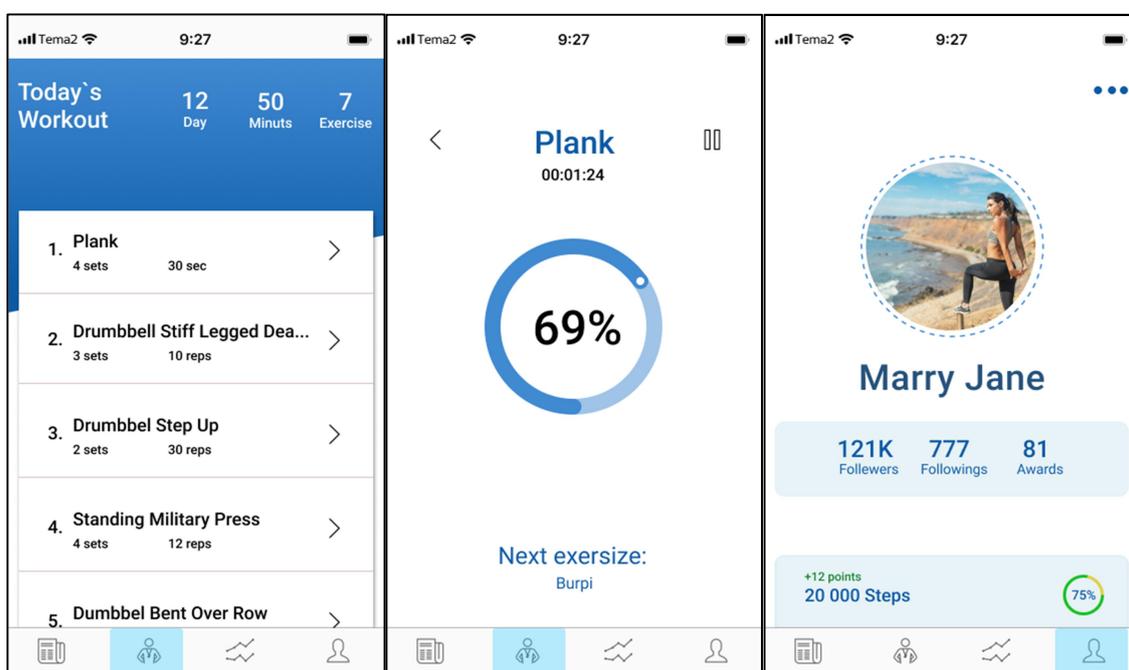


Рис. 1. Пользовательский интерфейс мобильного фитнес-приложения

Разработанный графический интерфейс мобильного фитнес-приложения позволяет сократить внешние, моторные и когнитивные нагрузки пользователя, что приведет к повышению комфортности при использовании приложения и росту числа активных пользователей приложения.

### Литература

- 1 Предиктивная модель работы меню / Э. Кокберн, К. Гутвин, С. Гринберг // Материалы конференции SIGCHI по человеческому фактору в вычислительных системах. – Сан-Хосе, 2007. – С. 1-10.
- 2 Как создать продукт, который любят. Опыт успешных менеджеров и дизайнеров / С. Хёрф. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2019. – 288 с.
- 3 UX-стратегия. Чего хотят пользователи и как им это дать / Д. Леви –



СПб.: O'Reilly, 2017. – 390 с.

4 Адаптивное мобильное приложение-ассистент для ведения здорового образа жизни / А.В. Маркелов // Новые информационные технологии в научных исследованиях: материалы Всерос. Конф. – Рязань: РГРТУ, 2019. – С.25-26.

5 Нейроассистент для составления индивидуального плана тренировок / О.К. Головнин, А.В. Маркелов // Перспективные информационные технологии: труды междунар. конф. – Самара: СНЦ РАН, 2019. – С.240-242.

О.К. Головнин, Д.В. Рыбников

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОВЫХ КАРТ МЕСТНОСТИ ВЫСОКОЙ ТОЧНОСТИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ВИДЕОЗАПИСЕЙ

(Самарский университет)

Карты высокой точности (HD-карты) играют важную роль в развитии технологий автономных транспортных средств, так как обеспечивают необходимый уровень достоверности при цифровом представлении окружающей среды. HD-карты основаны на детальном учете геометрических особенностей улично-дорожной сети и других объектов, влияющих на движение транспортных средств [1]. Количество автомобилей, использующих HD-карты для автоматического вождения, выросло до 1 млн. в 2019 году, что в два раза больше предыдущего года [2]. Таким образом, немаловажным моментом становится обеспечение безопасности во время движения автономного транспортного средства, а на основе информации HD-карты, автомобиль сможет выполнить необходимый маневр, изменить скорость в соответствии с дорожной обстановкой и маршрутом. Использование децентрализованного подхода с привлечением пользователей позволит поддерживать карты в актуальном состоянии [3]. Объединение пространственных и семантических данных, полученных из большого числа источников, может быть выполнено с применением федеративного подхода [4].

Целью данной работы является разработка автоматизированной системы, предназначенной для построения цифровых карт местности высокой точности путем анализа видеозаписей с регистраторов/смартфонов автовладельцев; при этом видеозаписи собираются в соответствии с принципами краудсорсинга.

В разработанной системе процесс обработки видеозаписей разбит на три этапа.

Первый этап – поиск на видеозаписи особых точек [5]. Облако особых точек используется в системе не только для построения HD-карты, но и для определения пространственного расположения автомобиля относительно его предыдущей позиции. Поскольку обработка осуществляется покадрово, необходимо на этом этапе исключить точки-дубликаты на смежных видеокдрах.



Каждая точка снабжается дескриптором – описанием характеристик точки в формализме текущего способа определения точек. Дескриптор имеет настраиваемую длину, которая определяется экспериментально с целью обеспечения минимального размера дескриптора, при котором одни и те же точки в реальном мире становятся одинаковыми или почти одинаковыми при обработке на видеозаписи.

Пример найденных системой особых точек на одном кадре видеозаписи приведен на рисунке 1.



Рис. 1. Поиск особых точек на кадре видеозаписи

На втором этапе в разработанной системе проводится фильтрация полученного облака точек от шумов с целью минимизации дальнейших неточностей при построении карты. В процессе фильтрации применяется свёрточная нейронная сеть, которая осуществляет сегментацию изображения на требуемые классы. В текущей минимальной реализации системы точки разбиваются на два класса: принадлежащие дорожному покрытию и остальные (рисунок 2).

На заключительном этапе каждой обработанной точке из облака присваиваются геоданные, полученные из метаданных видеозаписи, а также трехмерные координаты в локальной (относительно начальной точки съемки) системе координат. Локальная система координат совмещается с глобальной WGS-84. Визуализация производится в трехмерном режиме в разработанном модуле графического интерфейса на основе технологии Unity3D (рисунок 3).

Таким образом, разработана автоматизированная система построения цифровых карт местности высокой точности на основе анализа видеозаписей. В текущей реализации система позволяет строить цифровую карту дорожного (асфальтобетонного) покрытия. Дальнейшая работа будет направлена на дообучение используемой нейронной сети для определения других объектов, необходимых в составе карт навигации для автономных транспортных средств.



Рис. 2. Сегментация кадра видеозаписи на два класса

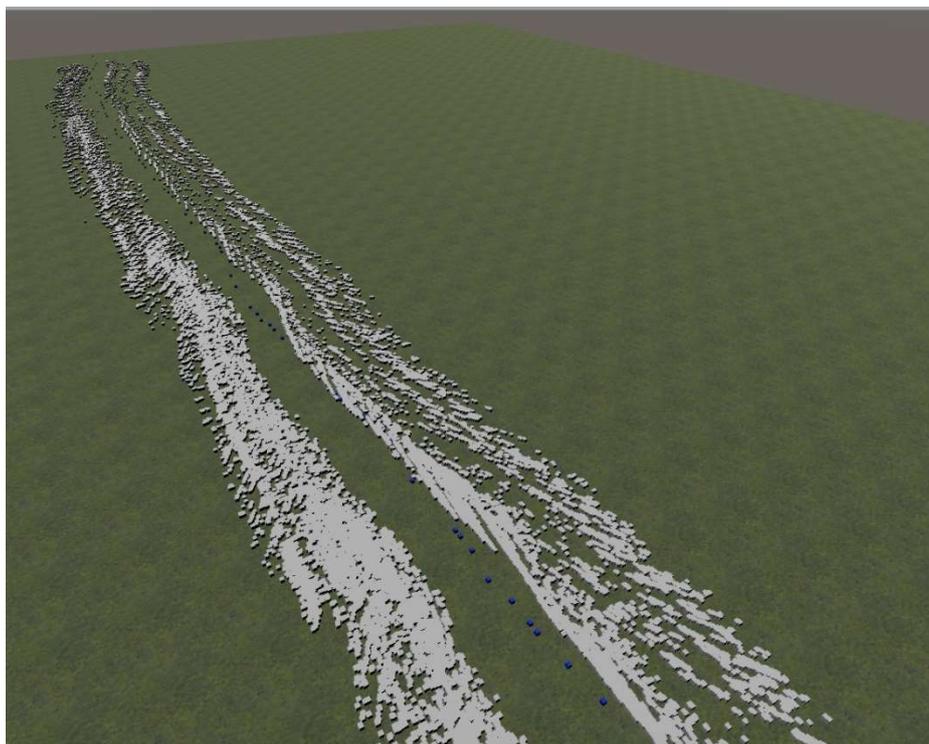


Рис. 3. Результирующая карта дорожного покрытия

### Литература

1 Система сбора, обработки, хранения и анализа информации о состоянии объектов улично-дорожной сети / А.С. Привалов // Новые информационные технологии в научных исследованиях: материалы всерос. конф. – Рязань: РГРТУ, 2018. – С. 8-9.

2 TomTom запускает полностью автономный тестовый автомобиль для разработки HD-карт [Электронный ресурс] / Новости Интернета вещей. – URL: [iot.ru/transportnaya-telematika/tomtom-zapuskayet-polnostyu-avtonomnyy-testovyyu-](http://iot.ru/transportnaya-telematika/tomtom-zapuskayet-polnostyu-avtonomnyy-testovyyu-)



avtomobil-dlya-razrabotki-hd-kart.

3 Сравнение рынка HD и GIS-карт [Электронный ресурс] / RoadAR Labs. – URL: [roadarlabs.com/post/roadar-umnyy-videregistrator-s-adas-vedomleniyami](http://roadarlabs.com/post/roadar-umnyy-videregistrator-s-adas-vedomleniyami).

4 Распределенная геоинформационная платформа федерализации пространственных и атрибутивных данных / О.К. Головнин, А.И. Яшнева // IT & Transport: сб. науч. статей. – Самара: ИТС, 2018. – С. 39-45.

5 Автоматизированная система формирования облака особых точек видеозаписей / С.Н. Ермаков, А.И. Бугаков, Л.С. Зеленко, О.К. Головнин // IT & Транспорт: сб. науч. статей. – Самара : НПЦ ИТС, 2015.– С. 123–132.

М.Ю. Здорнов, А.Г. Храмов

## МЕТОДЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ЭЭГ

(Самарский университет)

Предобработка сигнала проводится с целью удаления артефактов (спонтанные сокращения мышц, моргание и т. п.), а также нейтрализации имеющихся шумовых компонентов. Кроме того, нередко интересующая информация содержится в определённом диапазоне частот, а остальные компоненты являются малоинформативными.

В данной работе рассматривается метод фильтрации сигналов ЭЭГ от артефактов на базе разложения по эмпирическим модам.

По происхождению артефакты можно разделить на две группы: физические и физиологические [1]. К физическим артефактам можно отнести, например, помехи от электрических полей, создаваемые устройствами передачи и эксплуатации промышленного электрического тока. Артефакты, связанные с проявлениями жизнедеятельности организма, относятся к физиологическим. Они могут иметь следующее происхождение: потенциалы, возникающие вследствие активности мышц (электромиограмма, ЭМГ); потенциалы, обусловленные движением глаз (электроокулограмма, ЭОГ).

Метод эмпирических мод предусматривает разложение сигнала на «внутренние» моды, которые присутствуют в многокомпонентных процессах. Этот метод был предложен в рамках преобразования Гильберта-Хуанга, являющегося обобщением стандартного преобразования Гильберта [2].

Таким образом, решаемая задача заключается в том, чтобы разложить исходный сигнал  $x(t)$  на совокупность составляющих  $c_j$  (эмпирических мод), для каждой из которых должны выполняться следующие условия [3]:

1. Локальное среднее значение каждой из эмпирических мод должно быть равно нулю.



2. Число пересечений нулевого уровня графиком каждой эмпирической моды и число локальных максимумов (или минимумов) этой моды должны совпадать или отличаться не более чем на единицу.

Процедура разложения исследуемого сигнала по эмпирическим модам происходит по данному алгоритму [4]:

1. Определить положение всех локальных максимумов и минимумов входного сигнала и значение в этих точках.

2. С использованием значений локальных экстремумов вычислить верхнюю и нижнюю огибающие сигнала  $e_{\min}(t)$  и  $e_{\max}(t)$  путем сплайновой интерполяции.

3. Рассчитать низкочастотную составляющую сигнала (тренда) как среднюю между двумя огибающими:

$$m_1(t) = \frac{e_{\min(t)} + e_{\max(t)}}{2}. \quad (1)$$

4. Разность между средним значением огибающих и исходным сигналом принять за первое приближение к первой внутренней модовой функции:

$$h_1(t) = y(t) - m_1(t). \quad (2)$$

5. Для полученной функции необходимо выполнить следующую проверку:

– если  $h_1(t)$  отвечает двум свойствам внутренней модовой функции, определенным выше, то эта функция – извлеченная,  $c_1 = h_1(t)$ ,  $y(t)$  заменяется разностью  $r(t) = y(t) - h_1(t)$ .

– если  $h_1(t)$  не отвечает двум свойствам внутренней модовой функции, то  $y(t)$  заменяется на  $h_1(t)$ , повторяются шаги 1–5, и вычисляется второе приближение к первой внутренней модовой функции  $h_2(t) = h_1(t) - m_2(t)$ .

По мере увеличения итераций, среднее значение огибающих стремится к нулю, а текущая функция  $h_i$  – к неизменной форме. Последнее значение  $h_i(t)$  считается наиболее высокочастотной внутренней модовой функцией, входящей в данный сигнал, при вычитании которой в сигнале останутся компоненты с более низкими частотами. Полученный остаток аналогично декомпозируется, в результате чего выделяется вторая внутренняя модовая функция  $c_2$ , и так далее. После декомпозиции сигнал может быть записан следующим образом [3]:

$$y(t) = \sum_{i=0}^N c_i(t) + r_N(t), \quad (3)$$

где  $N$  – число внутренних мод;  $r_N(t)$  обозначает окончательный остаток, который может быть интерпретирован как постоянная составляющая сигнала;  $c_j(t)$  – внутренние моды, ортогональные друг другу.



Пример работы алгоритма и процесс получения первой эмпирической моды показаны на рисунке 1, в котором представлены исходный тестовый сигнал человеческой ЭЭГ из лобной области мозга (электрод F7 в случае международной схемы расстановки «10-20» регистрирующих ЭЭГ электродов) и результаты последовательных действий алгоритма: рисунок 1, b – экстремумы на рассматриваемом сигнале, рисунок 1, c – две огибающие по максимумам и минимумам, рисунок 1, d – низкочастотная составляющая (тренд) сигнала, рисунок 1, e – высокочастотная составляющая сигнала (эмпирическая мода). На рисунке 1, b-e – серым обозначен исходный сигнал.

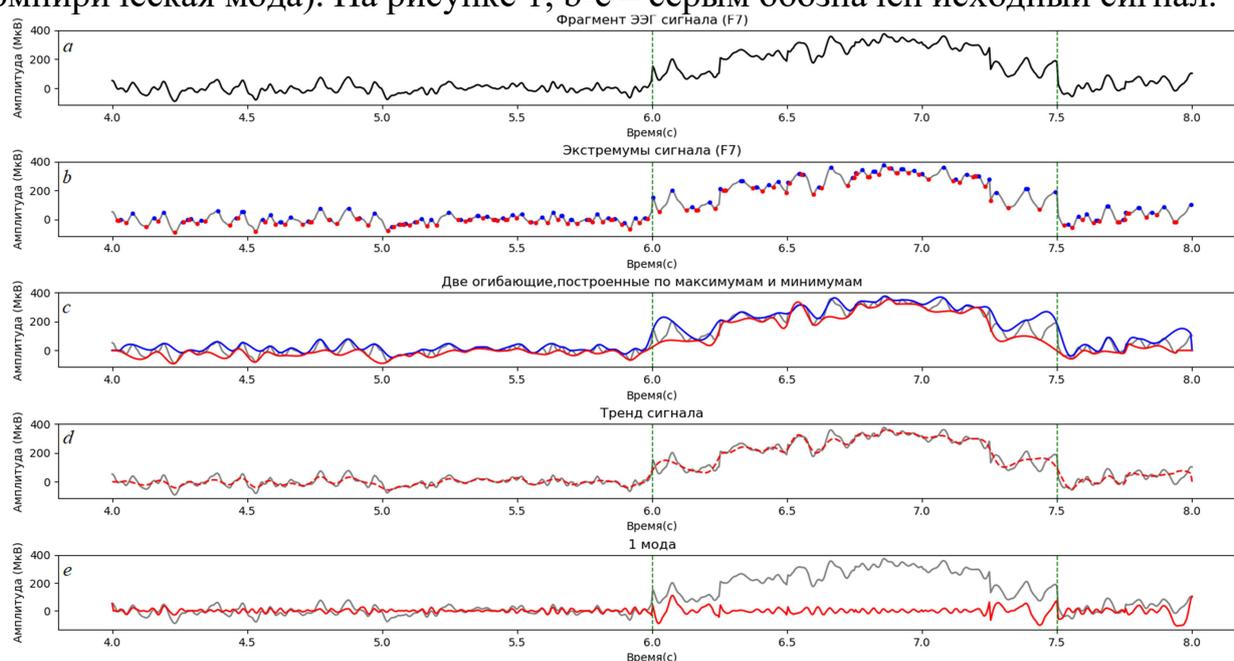


Рис.1. Пошаговая демонстрация процедуры нахождения первой эмпирической моды

Частотно-временные характеристики каждой отдельной моды и общее количество эмпирических мод напрямую зависят от исследуемого сигнала. Это свойство делает разложение по эмпирическим модам высокоадаптивным инструментом анализа сигналов. Первая эмпирическая мода имеет самую высокую частоту в разложении, с ростом же порядкового номера эмпирической моды значение ее основной частоты снижается.

Разложения по первым пяти эмпирическим модам показано на рисунке, на котором также представлен отфильтрованный сигнал.

Из вейвлет-спектра, обозначенного на рисунке 2, видно, что исходный сигнал ЭЭГ содержит различные ритмы в диапазоне 0,5-50 Гц, а глазодвигательные артефакты возникают в диапазоне 0,5-2 Гц. Самые высокие частоты демонстрируют вейвлет-спектры первой, второй и третьей эмпирической моды, поэтому именно они содержат высокочастотные и информативные компоненты сигнала ЭЭГ.

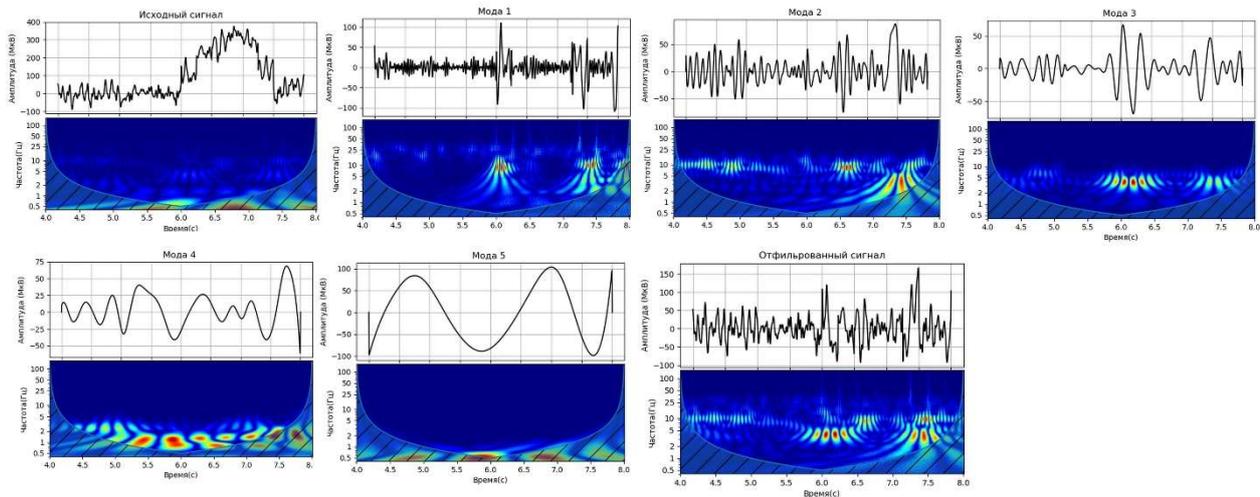


Рис.2. Пример разложения по эмпирическим модам

На рисунке 3 приведено сравнение исходного и отфильтрованного сигнала.

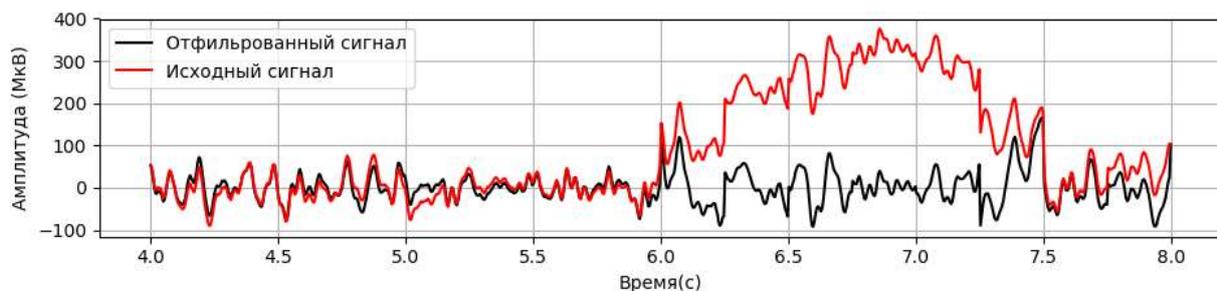


Рис.3. Сравнение исходного и отфильтрованного сигнала

Результаты, приведенные выше, были получены без использования каких-либо фильтров и различных средств обработки сигналов, использовался только алгоритм эмпирической модовой декомпозиции.

Описанный метод эмпирической модовой декомпозиции представляется перспективным для проблем, связанных с нестационарностью и нелинейностью сигналов, например, в случаях, когда сигнал не может быть адекватно представлен совокупностью гармонических функций.

### Литература

1. Зенков Л.Р. Клиническая электроэнцефалография / Руководство для врачей. 3-е изд. Москва: МЕДпрессинформ, 2004. – 368 с.
2. Бендат, Дж. Прикладной анализ случайных данных / Дж. Бендат, А. Пирсол. – М.: Мир, 1989. – 540 с.
3. Huang N.E. The Empirical Mode Decomposition and the Hilbert Spectrum for Nonlinear and Non-Stationary Time Series Analysis / N.E. Huang, Z. Shen, S.R. Long // Proc. R. Soc. A. – 1998.–Vol. 454(24). – P. 903-995.
4. Сергеев, В.В. Математические модели и методы автоматизированных системах научных исследований [Текст] / В.В. Сергеев. – Куйбышев: КУАИ, 1986. – 50 с.



А.В. Кузьмин, М.И. Сафронов, О.Д. Чебан

## ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОРТАТИВНОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЭКГ

(Пензенский государственный университет)

В настоящее время заболевания сердечно-сосудистой системы продолжают занимать одно из лидирующих мест среди опасных заболеваний, ведущих к снижению и потере трудоспособности. Для преодоления данной негативной тенденции методы и средства диагностики постоянно совершенствуются – наметился переход к персонализированной и превентивной медицине [1], что требует использования последних научно-технических достижений, в том числе в области электроники и информационных технологий. Среди преобладающих современных трендов в разработке систем мониторинга состояния сердца, можно отметить [2]:

- мобильность;
- использование носимых устройств;
- простота использования;
- ориентированность на конечного пользователя;
- дружественный интерфейс.

Портативные системы для диагностики заболеваний и мониторинга функционального состояния человека становятся все более распространенными. Носимые устройства диагностики сердечно-сосудистой системы входят в число наиболее популярных и перспективных [3].

Для того, чтобы портативная система выполняла возложенные на нее функции по мониторингу ЭКГ и своевременному обнаружению отклонений в работе сердца, а также угрожающих жизни состояний, она должна иметь эффективную аппаратную часть и программную часть. При этом аппаратная часть, как правило, реализуется в виде отдельного устройства, позволяющего регистрировать сигнал ЭКГ на поверхности тела человека и передавать его по беспроводному каналу связи [2]. В качестве основы такого устройства могут использоваться законченные аналоговые интерфейсы (analog-front-end AFE), как например, в прототипе, описанном в работе [4]. Программная часть системы запускается, как правило, на мобильном вычислительном устройстве (планшете или смартфоне) [2] в виде мобильного приложения под управлением соответствующей операционной системы.

Базовый набор функций такого мобильного приложения должен включать:

- прием данных от мобильного устройства регистрации ЭКГ по беспроводному каналу передачи данных (например, Bluetooth);
- сохранение исходных электрокардиографических данных на мобильном устройстве с использованием соответствующей структуры данных и



индексации, позволяющих получить требуемые данные для дальнейшей обработки;

– отображение электрокардиографических данных на экране мобильного устройства (как текущих данных, поступающих с устройства регистрации ЭКГ в масштабе времени близком к реальному, так и сохраненных данных локального хранилища мобильного устройства);

– анализ электрокардиографических данных (в простейшем случае, это может быть выделение кардиоциклов или отдельных элементов кардиоциклов, таких как R зубцы, расчет R-R интервалов для дальнейшего анализа на предмет признаков аритмии или определение и анализ сегмента S-T и т.п.);

– передача данных (наиболее актуальным здесь представляется передача электрокардиографических данных по беспроводным сетям на удаленный сервер медицинского учреждения или в облачное хранилище, где данные могут быть доступны для анализа лечащему врачу, в том числе с помощью специализированных программных средства и технологий BigData).

Важным аспектом мобильного программного обеспечения является модульная структура и открытая архитектура, что позволят подключать дополнительные программные модули для анализа данных, такие как специализированные средства Wavelet-анализа ЭКГ [4], нейросетевого анализа, анализа изменений биоимпеданса и компенсации искажения кривой ЭКГ под его влиянием и т.п.

К качеству целевой мобильной платформы предлагается выбрать операционную систему Android версия 6 и выше. Для разработки целесообразно использовать кросс-платформенные средства и язык Java.

### Литература

1. Концепция предиктивной, превентивной и персонализированной медицины (утверждена Приказом Министерства здравоохранения РФ от 24 апреля 2018 г. № 186) [Электронный ресурс] / [www.garant.ru](http://www.garant.ru): официальный сайт правовой системы ГАРАНТ. - <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71847662/> (дата обращения 24.03.2020)

2. Волчихин, В.И. Особенности обработки электрокардиосигналов в системах мобильного мониторинга / В.И. Волчихин, М.А. Митрохин, А.В. Кузьмин, М.И. Сафронов, О.Н. Бодин, Н.Ю. Митрохина, А.Ю. Тычков // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2018. – № 1 (45). – С. 54-63.

3. Bruining, N. Task Force of the E-Cardiology Working Group. Acquisition and Analysis of Cardiovascular Signals on Smartphones: Potential, Pitfalls and Perspectives / N. Bruining, E. Caiani, C. Chronaki, P. Guzik, E. Van Der Velde, // European Journal of Preventive Cardiology. – 2014. – № 21. – С. 4–13.

4. Kuzmin, A. Mobile ECG monitoring system prototype and wavelet-based arrhythmia detection / Kuzmin A., Safronov M., Bodin O., Prokhorov S., Stolbova A.



// 21th Conference of Open Innovations Association FRUCT. Helsinki, 2017. – С. 210-216.

В.С. Кузьмин, А.А. Панова, К.В. Садова

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПО МОНИТОРИНГУ И УПРАВЛЕНИЮ МОСТОВЫМ КРАНОМ ДЛЯ АЭС

*Аннотация:* Произведена разработка программного модуля, которая осуществляет мониторинг важных параметров технологического объекта на примере электрического мостового крана кругового действия в здании реактора атомной электростанции. В работе выявлены такие проблемы как: организация дополнительного мониторинга, централизованное управление и диагностика неисправностей важных параметров при пусконаладочных работах, архивирование событий на удаленном сервере с последующим прогнозированием о возникновении предупредительных или аварийных событиях.

*Ключевые слова:* мониторинг, программный модуль, веб-приложение, архивирование, автоматизация, фреймворк, база данных, службы, локальные сети, протоколы.

Электрический мостовой кран кругового действия предназначен для подъемно-транспортных операций в здании реактора атомной электростанции. Необходимой мерой для обеспечения безопасности объекта является снабжение дополнительными средствами мониторинга и средств оповещения для осуществления контроля состояний важных параметров. В связи с этим было принято разработать программный модуль, позволяющий решить ряд важных проблем, таких как:

- мониторинг важных параметров в режиме реального времени;
- оповещения обслуживающего персонала об возникших аварийных ситуациях;
- управление технологическим объектом в различных режимах работы;
- осуществление сбора параметров, с последующей архивацией данных и передачей их на верхний уровень АСУТП;
- осуществление сбора данных о состояниях объекта для последующего исследования с целью осуществления прогнозирования;

В проекте для вычислительной системы электрического мостового крана имеется три уровня автоматизированной системы управления технологической платформой:

- верхний уровень – панель оператора;
- средний уровень – программируемые логические контроллеры, счетчики, программируемые реле;



- нижний уровень – КИП, датчики, сенсоры, исполнительные механизмы. Связь между программируемым логическим контроллером и панелью оператора происходит по интерфейсу Ethernet, протокол ModbusTCP.

Перед разработкой ПМ была спроектирована программная архитектура веб-приложения рисунок 1. Представленная схема описывает обмен данными, с обозначенного уровня APCS на уровень Panel PC. Далее происходит обмен состояниями между серверной и клиентской сторонами на уровне Panel PC.

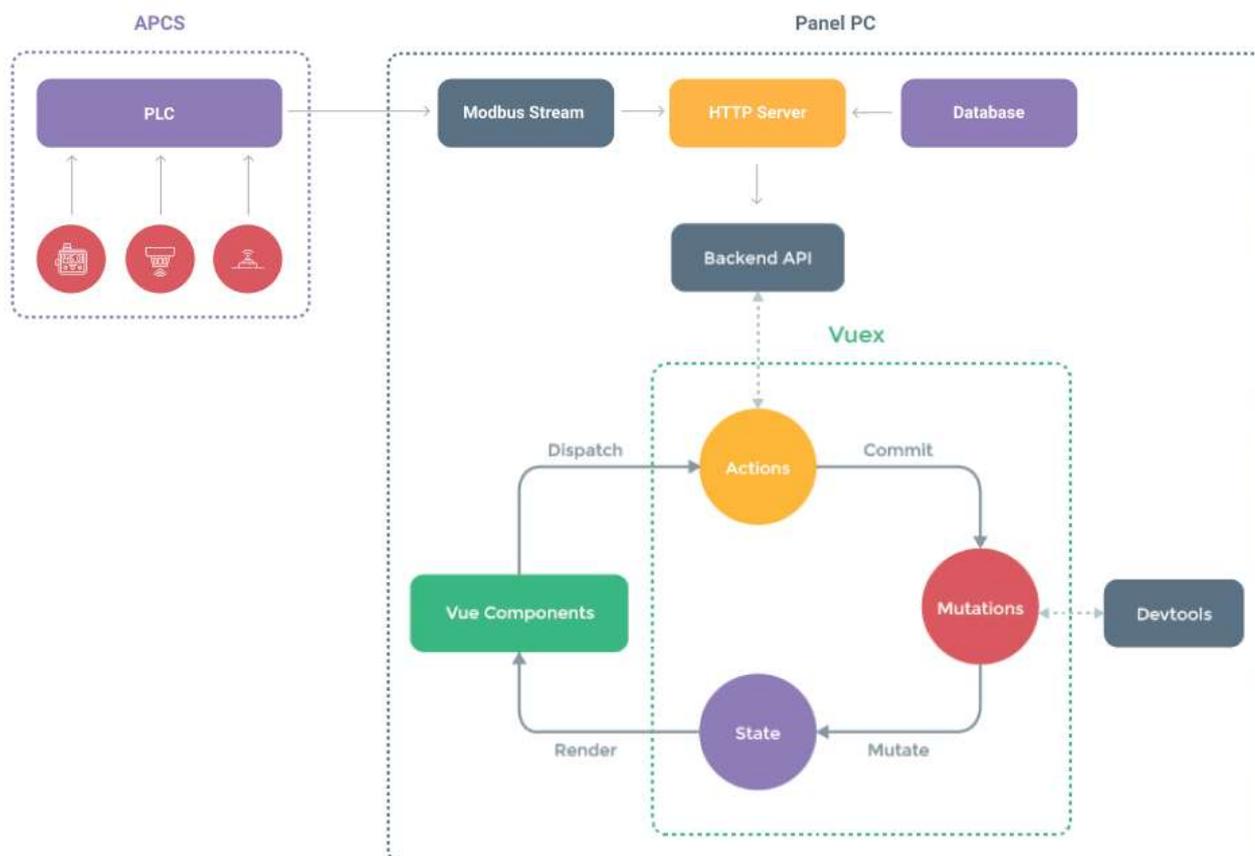


Рис. 1. Программная архитектура ПМ

Для реализации программного модуля был подобран следующий технологический стек:

- Socket.io – библиотека для обмена данными в режиме реального времени;
- Vue.js – фреймворк для реализации клиентской часть веб-приложения;
- Vuex.js – библиотека с централизованным хранилищем состояний для фреймворка Vue.js;
- Chart.js – библиотека для визуализации графиков;
- Three.js – библиотека для работы с 3D моделью технологического объекта;
- KOA – HTTP сервер для сбора и передачи данных между ПЛК и панелью оператора;
- MongoDB – база данных для хранения событий;



Основной средой для разработки и корректной работы компонентов является современная безопасная и производительная Node.js. Данный стек был выбран по причине низких характеристик панельного компьютера.

Следующим этапом разработки программного модуля является проектирование и реализация пользовательского интерфейса для веб-приложения. На рисунке 2 представлена иллюстрация работоспособной страницы модуля. Она описывает вывод основных параметров дискретных и аналоговых сигналов, вывод журнала событий, манипуляция с 3D моделью электрического мостового крана кругового действия, а также текстовыми и звуковыми оповещениями для обслуживающего персонала.

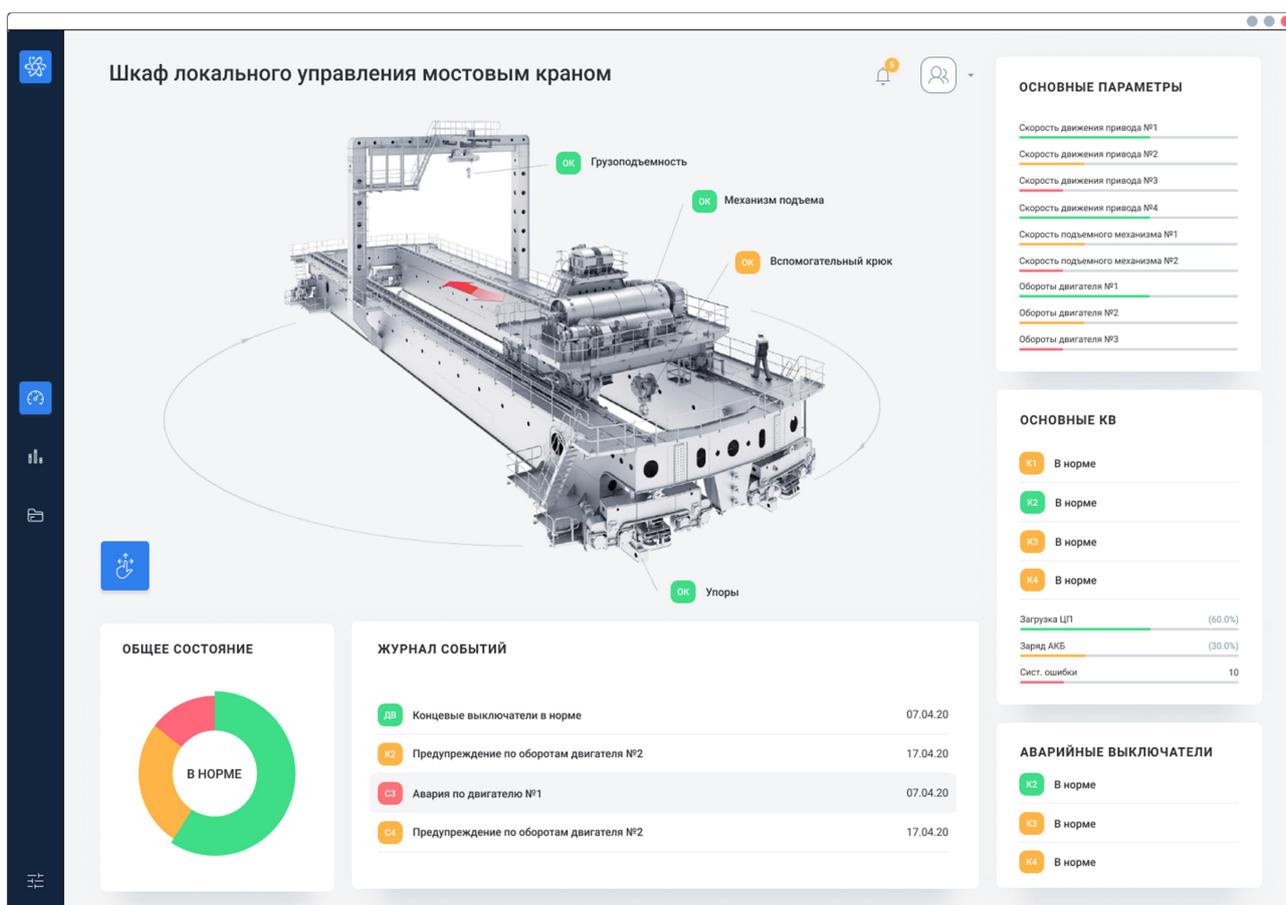


Рис. 2. Иллюстрация пользовательского интерфейса программного модуля

Динамические страницы веб-приложения были разработаны с помощью шаблонизатора и препроцессора. Применение данных инструментов позволило значительно ускорить процесс разработки за счет повторного использования одних и тех же компонентов в веб-приложении. Далее была проведена оптимизация программного модуля за счет инструмента Webpack. С его помощью все исходные файлы приложения собираются в единый файл и минифицируются при компиляции, согласно определенным настройкам файла конфигурации, тем самым сокращая запросы. Финальным этапом разработки является UNIT тестирование. Отдельные компоненты тестировались на работоспособность независимо друг от друга.



В результате, разработанный программный модуль для электрического мостового крана кругового действия позволяет:

- осуществлять мониторинг важных параметров в режиме реального времени;
- оповещать обслуживающий персонал об возникших аварийных ситуациях;
- управлять технологическим объектом в различных режимах (ручной/автомат);
- осуществлять сбор параметров, с последующей архивацией данных и передачей их на верхний уровень АСУТП;
- осуществлять сбор состояний для последующего исследования с целью осуществления прогнозирования;
- на основе полученных данных обеспечивать процесс диагностики неисправностей технологического объекта.

### Литература

1. Кузьмин В.С., Садова К.В. Разработка программного модуля для управления транспортным комплексом Беларусской АЭС - Молодежная наука: вызовы и перспективы Материалы II Всероссийской научно-практической конференции. Отв. ред. О.В. Карсунцева. 2019. С. 84-87.

2. Гришин Д.Е., Кузьмин В.С., Сокуль М.В., Садова К.В. Разработка среды для автоматизации тестирования программного обеспечения - Молодежная наука: вызовы и перспективы Материалы II Всероссийской научно-практической конференции. Отв. ред. О.В. Карсунцева. 2019. С. 73-75.

3. Кузьмин В.С., Садова К.В., Тимофеев О.А. Организация удаленного мониторинга технологических процессов - Молодежная наука: вызовы и перспективы Материалы I Всероссийской научно-практической конференции. Отв. ред. О.В. Карсунцева. 2018. С. 4-6.

4. Кузьмин В.С., Садова К.В., Тимофеев О.А. Организация системы мониторинга климатических состояний серверного помещения - Молодежная наука: вызовы и перспективы Материалы I Всероссийской научно-практической конференции. Отв. ред. О.В. Карсунцева. 2018. С. 7-9.

5. Меньков А.В., Острейковский В.А. Теоретические основы автоматизированного управления. – М.: Оникс, 2005. – 640 с.

6. Пантелеев В.Н., Прошин В.М. Основы автоматизации производства. – М.: Академия, 2012. – 192 с.

7. Селевцов Л.И., Селевцов А.Л. Автоматизация технологических процессов. – М.: Академия, 2012. – 352 с.

8. Загидуллин Р.Ш. Multisim, Labview, Signal Express. Практика автоматизированного проектирования электронных устройств. – М.: Горячая Линия - Телеком, 2009. – 368 с.



А.А. Литвинов, Л.С. Зеленко

## МОДЕРНИЗАЦИЯ ПОДСИСТЕМЫ АДМИНИСТРИРОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГЕНЕРИРУЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

(Самарский университет)

В настоящее время на территории Российской Федерации действуют оптовый и розничный рынки электроэнергии и мощности (ОРЭМ). На оптовом рынке продавцами и покупателями являются генерирующие компании, сбытовые организации, крупные потребители. Участники ОРЭМ могут выступать в роли как продавцов, так и покупателей электроэнергии и мощности.

Контроль за исполнением обязательств участников ОРЭМ осуществляет Системный оператор (СО) Единой энергетической системы (ЕЭС) России. Также Системный оператор контролирует очередность вывода в ремонт генерирующих и сетевых мощностей, осуществляет контроль за исполнением программ генерирующими и сетевыми компаниями.

Для расчета показателей готовности генерирующего оборудования к выработке электроэнергии, обмен информацией о результатах расчетов между диспетчерскими центрами по заказу акционерного общества СО ЕЭС был разработан программно-аппаратный комплекс (ПАК) «Готовность». Исполнителем заказа является Общество с ограниченной ответственностью «Сенсоры, модули, системы – Информационные технологии» (ООО «СМС-ИТ»).

Так как данный комплекс взаимодействует с большим количеством внешних систем (рисунок 1), появилась необходимость в модернизации подсистемы администрирования, а именно: добавить в подсистему возможности настройки связей с внешними системами и настройку регламентных сроков, обновления нормативно-справочной информации (НСИ). При этом было поставлено условие, что модификация подсистемы не должна повлиять на функциональность ПАК «Готовность», находящегося в промышленной эксплуатации, и быстродействие ПАК в части функций, не подлежащих изменению, не должно быть снижено.

В ПАК «Готовность» выполняется загрузка большого числа исходных данных: нормативно-справочная информация (ПАК ЕСС); годовые и месячные графики ремонтов оборудования (ПО «Ремонты»); значения технических параметров оборудования в составе станционных уведомлений и макетов СО (ПАК «MODES-Terminal»); диспетчерские заявки на ремонт оборудования (ПК «Заявки»); значения технических параметров телеметрической информации о режиме работе энергетических объектов (ОИК/КИТС (ПО «Подъем»)); значения параметров энергетических объектов (ПАК «ЦРМ»); стандартные документированные диспетчерские команды (ПАК «СРТ/СРПГ»).

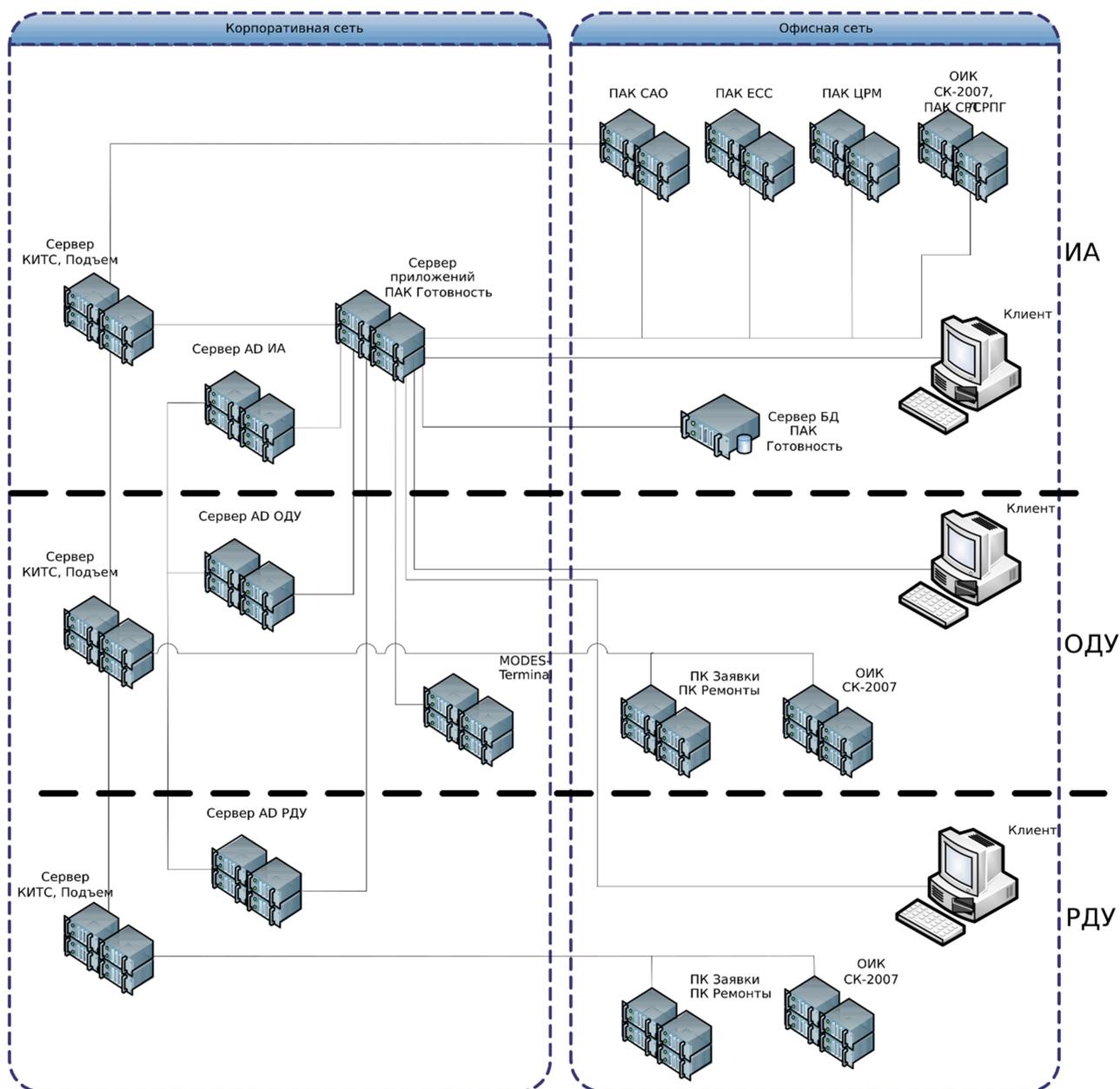


Рис. 1. Схема взаимодействия ПАК «Готовность» с внешними системами

Все справочники НСИ загружаются из сторонней системы ПАК ЕСС (Единая справочная система). Присутствуют версионные справочники, с возможностью посмотреть актуальные на любую дату значения. Справочники содержат различную нормативную информацию, доступную, как правило, всем пользователям.

В ходе проектирования была разработана структурная схема подсистемы (рисунок 2), в ее состав вошли следующие подсистемы:

- 1) подсистема вывода НСИ, которая отвечает за вывод справочной информации ПАК «Готовность»;
- 2) подсистема ведения журналов и протоколов, которая фиксирует информацию об изменениях НСИ, полученных уведомлениях и сообщениях,



результатах обмена данных с внешними системами, изменениях показателей, входах и выходах пользователей из ПАК «Готовность»;

- 3) подсистема настройки подключений к внешним системам, которая отвечает за настройку доступа к внешним системам;
- 4) подсистема работы с алгоритмами расчёта, которая отвечает за редактирование, добавление и удаление алгоритмов расчёта;
- 5) подсистема разграничения прав доступа, которая отвечает за реализацию защиты от несанкционированного доступа на основе разделения прав доступа пользователей к функциям ПАК «Готовность» (аутентификация пользователей производится с помощью Windows аутентификации на основе Microsoft Active Directory);
- 6) подсистема ведения показателей, которая отвечает за редактирование, добавление и удаление показателей.



Рис. 2. Структурная схема подсистемы администрирования

Рассмотрим более подробно подсистему работы с алгоритмами расчёта. Для каждого показателя возможно создать и редактировать алгоритмы:

– алгоритм расчета (он вычисляет значение показателя, выполняя проверку условий, влияющих на возможность и необходимость расчета. Результатом его работы является числовое значение с заданной в алгоритме точностью);

– алгоритм проверки (выполняется автоматически после запуска расчета/пересчета показателей способности и осуществляет проверку результатов расчета на наличие предупреждений и критических ошибок. При наличии критических ошибок ПАК «Готовность» не дает пользователю возможность установить акцепт результатов расчета и отображает список критических ошибок пользователю).

В настоящее время модернизация подсистемы администрирования завершена, она находится в опытной эксплуатации и ожидает внедрения.



## МЕТОД ОПТИМАЛЬНОГО СВЕРХРАЗРЕШЕНИЯ ОДНОМЕРНЫХ ЦИФРОВЫХ СИГНАЛОВ

(Самарский университет)

### Введение

Для многих областей применения цифровой обработки сигналов критично пространственное разрешение [1]. К таким областям можно отнести медицину [2], дистанционное зондирование земли [3], машинное обучение [4] и т.д. Одним из перспективных подходов к получению сигналов высокого разрешения является сверхразрешение [5] – использование методов обработки сигналов для формирования сигналов высокого разрешения на основе наблюдаемых сигналов низкого разрешения.

В данной работе описывается метод оптимального линейного сверхразрешающего восстановления одномерных цифровых сигналов. Предлагаемый метод обеспечивает минимизацию ошибки восстановления сигнала и эффект сверхразрешения. Заметим, что предлагаемый метод может быть обобщен на случай двухмерных сигналов.

### Модель наблюдения сигнала

Используемая в методе модель линейная наблюдения сигнала предполагает, что исходный сигнал претерпевает искажения в непрерывной области, после чего дискретизируется, далее к сигналу примешивается аддитивный шум. Формально модель наблюдения можно записать следующим образом:

$$y_o(n) = \int_{-\infty}^{+\infty} h(\tau)x(nT - \tau)d\tau + v(n),$$

где  $y_o(n)$ - искаженный дискретизированный сигнал,

$x(\tau)$  - исходный сигнал

$h(\tau)$  - импульсная характеристика искажающей системы,

$v(n)$ - аддитивный шум,

$T$  - период дискретизации сигнала.

Стоит отметить, что исходный сигнал считается вещественным стационарным случайным процессом с нулевым средним и известной автокорреляционной функцией (АКФ) [1]. Искажающая система является линейной, инвариантной к сдвигу (ЛИС) [1] и устойчивой. Таким образом, искаженный непрерывный и искаженный дискретизированный сигналы будут являться стационарными случайными процессами.

### Оптимальное восстановление значений непрерывного сигнала

Вместо задачи синтеза единственной вычислительной процедуры восстановления непрерывного сигнала по дискретным значениям, предлагается рассмотреть набор ЛИС-систем, каждая из которых формирует



восстановленное значение исходного сигнала с некоторым сдвигом  $\Delta$ . В рамках цифровой обработки сигналов сверхразрешение сводится к уменьшению шага дискретизации сигнала. Таким образом, для увеличения разрешения сигнала в  $K$  раз, необходимо реализовать набор из  $K$  восстанавливающих систем:

$$\bar{x}_e(\bar{n}) = \sum_{k=0}^{K-1} \sum_{m=-\infty}^{+\infty} g_{\Delta}(\bar{m}-k) \bar{y}_o(\bar{n}-\bar{m}),$$

где  $g_{\Delta}(\bar{n})$  - импульсная характеристика элемента набора восстанавливающих систем,

$\bar{x}_e(\bar{n})$  - восстановленный со сверхразрешением сигнал, черта над символами обозначает уменьшение шага дискретизации.

В ходе минимизации дисперсии ошибки восстановления для восстановленного сигнала и анализа в частотной области были получены следующие выражения для частотной характеристики восстанавливающей системы (связанной с импульсной характеристикой преобразованием Фурье):

$$G_{\Delta}(e^{i\Omega T}) = \frac{\sum_{k=-\infty}^{+\infty} H\left(-\Omega - \frac{2\pi k}{T}\right) \Phi_x\left(\Omega + \frac{2\pi k}{T}\right) e^{i\left(\Omega + \frac{2\pi k}{T}\right)\Delta}}{\sum_{k=-\infty}^{+\infty} \left|H\left(\Omega + \frac{2\pi k}{T}\right)\right|^2 \Phi_x\left(\Omega + \frac{2\pi k}{T}\right) + TD_v},$$

где  $G_{\Delta}(e^{i\Omega T})$  - частотная характеристика восстанавливающей системы,

$H(e^{i\Omega T})$  - частотная характеристика искажающей системы,

$\Phi_x(e^{i\Omega T})$  - энергетический спектр исходного сигнала,

$D_v$  - дисперсия шума.

А также для ошибки такого восстановления:

$$\Phi_{\varepsilon}(e^{i\Omega T}) = \Phi_x(e^{i\Omega T}) - G_{\Delta}(e^{i\Omega T}) \frac{1}{T} \sum_{k=-\infty}^{+\infty} \Phi_{xy}\left(\Omega + \frac{2\pi k}{T}\right) e^{-i\left(\Omega + \frac{2\pi k}{T}\right)\Delta},$$

где  $\Phi_{\varepsilon}(e^{i\Omega T})$  - энергетический спектр ошибки восстановления,

$\Phi_{xy}(e^{i\Omega T})$  - взаимный энергетический спектр исходного и искаженного сигналов.

### Экспериментальное исследование средней дисперсии ошибки

В ходе экспериментального исследования были получены зависимости средней дисперсии ошибки восстановления сигнала от параметров сигнала и искажающей системы – коэффициента корреляции сигнала, среднеквадратического отклонения искажающей системы и аддитивного шума. Для экспериментального исследования рассматривался экспоненциально коррелированный сигнал. В качестве импульсной характеристики искажающей системы была взята функция Гаусса. Аддитивный шум полагался белым.

Полученные зависимости приведены на рисунках 1-3.

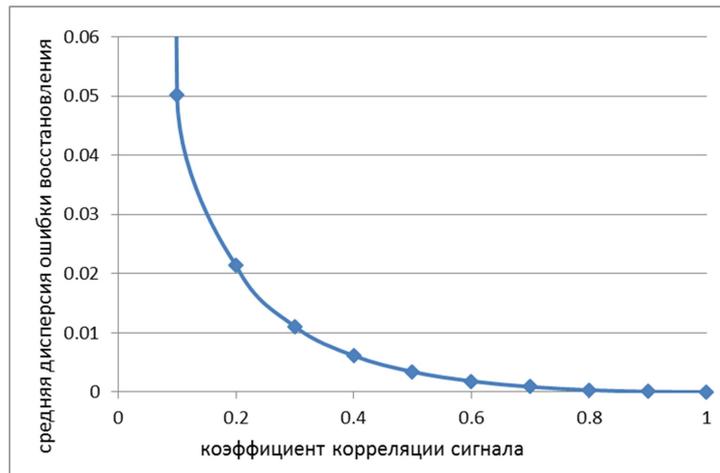


Рис. 1. Зависимость средней дисперсии ошибки восстановления от коэффициента корреляции сигнала

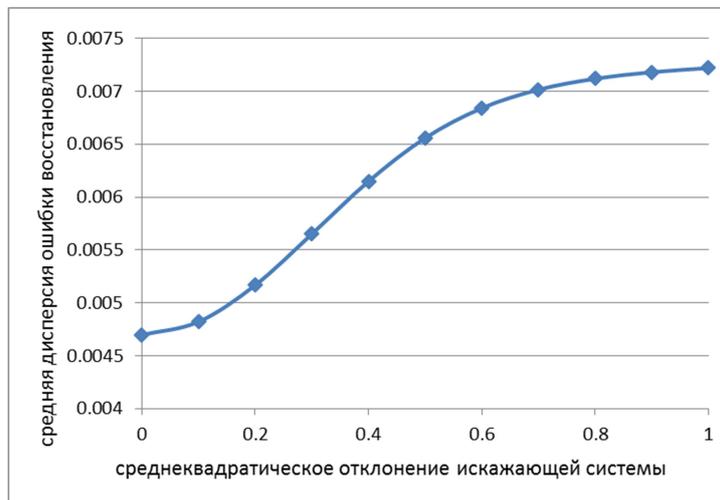


Рис. 2. Зависимость средней дисперсии ошибки восстановления от среднеквадратического отклонения искажающей системы

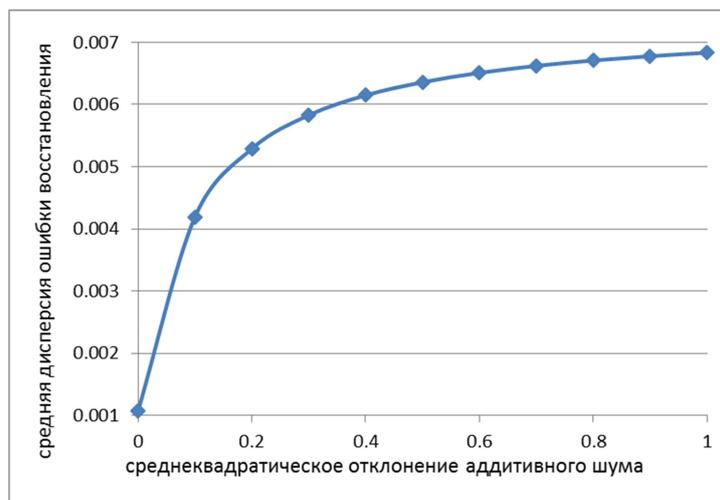


Рис. 3. Зависимость средней дисперсии ошибки восстановления от среднеквадратического отклонения аддитивного шума



### **Заключение**

В работе предложен метод оптимального сверхразрешения одномерных цифровых сигналов, описана соответствующая модель наблюдения сигналов, а также представлены результаты экспериментального исследования зависимостей средней дисперсии ошибки восстановления от параметров модели наблюдения. Для дальнейшего развития предложенного метода планируется обобщить полученные результаты на двухмерных случай, а также исследовать представленные зависимости для частных случаев, такие как отсутствие динамических искажений, отсутствие шума или ограничение спектра сигнала.

### **Благодарности**

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-31-90113.

### **Литература**

- 1 Гашников, М.В. Методы компьютерной обработки изображений, под ред. В.А. Сойфера – 2 изд., испр. / М.В. Гашников, Н.И. Глумов, Н.Ю. Ильясова, В.В. Мясников, С.Б. Попов, В.В. Сергеев, В.А. Сойфер, А.Г. Храмов, А.В. Чернов, В.М. Чернов, М.А. Чичева, В.А. Фурсов. – М.: Физматлит, 2003. – 784 с.
- 2 Sano, Y., Mori, T., Goto, T., Hirano, S., Funahashi, K. Super-resolution method and its application to medical image processing / IEEE 6th Global Conference on Consumer Electronics, GCCE, 2017. Vol. 2017, pp. 1-2.
- 3 Shen, H., Ng, M.K., Li, P., Zhang, L. Super-resolution reconstruction algorithm to MODIS remote sensing images / Computer Journal, 2009. Vol. 52, No. 1, pp. 90-100.
- 4 Shi, F., Yuan, J., Zhu, X. Fast super-resolution reconstruction for video-based pattern recognition / Proceedings - 4th International Conference on Natural Computation, ICNC, 2008. Vol. 4, No. 4667264, pp. 135-139.
- 5 Park, S.C., Park, M.K., Kang, M.G. Super-resolution image reconstruction: a technical overview / IEEE Signal Processing Magazine, 2003. Vol. 20, No. 3, pp.21-36.



Д.Д. Мальчиков, С.А. Прохоров

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ BLE ДАТЧИКОВ ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ УСТРОЙСТВА В ПРОСТРАНСТВЕ

(Самарский университет)

### **Введение**

В современном мире почти в каждом смартфоне существует множество датчиков, таких как Bluetooth, акселерометр, гироскоп, датчик температуры, компас и другие. Эти датчики используются в разных целях, датчик температуры для измерения нагрева устройства, акселерометр для управления в приложениях, а Bluetooth для передачи файлов на другие устройства, также модуль Bluetooth можно использовать и в других целях, например, для определения местоположения в определенной зоне в связке с другими Bluetooth датчиками.

Проблему определения местоположения в помещениях, например, для отслеживания сотрудников в офисе или на предприятии, чаще всего решают с помощью геолокации сигналов GPS или ГЛОНАСС, реже с помощью мобильной сети. В случае объектов или помещений где отсутствует сигнал со спутников или недоступна сотовая связи, для вычисления местоположения устройства необходимы другие варианты, которые позволяют вычислять местоположение объекта без привязки к спутниковым или сотовым системам. В исследовании приведен подход, позволяющий вычислить местоположение устройства, по информации, полученной от BLE датчиков и прототип приложения. На текущий момент существуют несколько решений, по определению местонахождения в помещениях, это продукты от компаний «Infsoft» и «Locatify», для этих продуктов необходимо разворачивание инфраструктуры и запуск серверов, также они используются для предприятий или офисов с большой площадью, и в виду их высокой стоимости это не выгодно для использования физическими лицами в малых масштабах.

### **Аппаратная часть**

Датчик BLE (Bluetooth Low Energy) – это Bluetooth датчик с пониженным энергопотреблением. Устройства на технологии BLE были созданы для того, чтобы экономить энергию на устройствах, питающихся через батарейное питание.

Каждый из датчиков генерирует электромагнитное поле вокруг себя с помощью короткого провода, который является широкополосной антенной и расположен на сужающейся части маячка. Электромагнитное поле вокруг прямого провода принимает форму пончика – волны не распространяются с одинаковой силой во всех направлениях, что ведет к образованию «пустых» зон. Лучшим решением проблемы является изменение формы антенны так, чтобы электромагнитное поле приняло форму идеальной сферы, которую можно увидеть на рисунке 1.

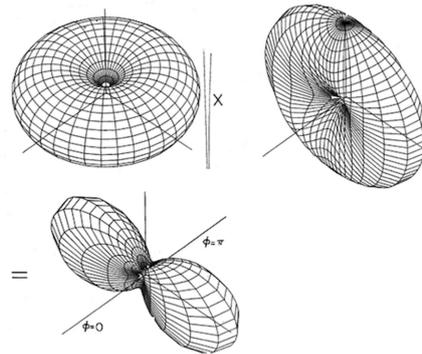


Рис. 1. Электромагнитное поле вокруг датчика

Кроме частоты необходимо учитывать силу вещания. Она описывает силу сигнала и измеряется в дБм (децибел-милливаттах). дБм – это абсолютный уровень мощности в децибелах относительно опорного уровня в 1 мВт. Зона работы маячка напрямую зависит от вещательной мощности [1].

Чем ближе устройство к маячку, тем лучше вычисляется расстояние – это происходит из-за большей плотности сигнала в непосредственной близости от источника. С увеличением расстояния сигнал RSSI становится более рассеянным и искаженным [2].

### Методы вычисления местоположения

С помощью уровня сигнала можно вычислить примерное местоположение устройства в пространстве, существует два варианта решения этой задачи:

1. Метод «Сетки» – создается сетка с наложенным слоем интересующей нас карты здания, расставляются маячки и во время работы приложения собираются данные, которые определяют нужный квадрат местоположения методом лучшего сопоставления.

2. Метод трилатерации – со всех доступных значений RSSI отбираются только три, с наилучшим качеством сигнала и доступности, после этого используя эти данные и координаты маячка определяется примерная удаленность от него и вычисляется текущее местоположение.

Для вычисления примерного местоположения устройства будет выбираться точка пересечения трех сфер, получить местоположение которой можно, решив систему уравнений.

$$r_1^2 = x^2 + y^2 + z^2 \quad (1)$$

$$r_2^2 = (x - d)^2 + y^2 + z^2 \quad (2)$$

$$r_3^2 = (x - i)^2 + (y - j)^2 + z^2 \quad (3)$$

Отсюда можно получить значение координат точки:

$$x = \frac{r_1^2 - r_2^2 + d^2}{2d} \quad (4)$$

$$y = \frac{r_1^2 - r_2^2 - x^2 + (x - i)^2 + j^2}{2j} = \frac{r_1^2 - r_3^2 + i^2 + j^2}{2j} - \frac{i}{j}x \quad (5)$$



$$z = \pm \sqrt{r_1^2 - x^2 - y^2} \quad (6)$$

В случае разработки программного обеспечения будет учитываться только координаты  $x$  и  $y$ , так как предполагается, что программным обеспечением будут пользоваться для того, чтобы определять местоположение устройства на этаже, в плоскости которого лежат и BLE датчики.

При работе прототипа приложения были получены следующие данные с четырех одновременно запущенных датчиков, во время эксперимента устройство переносилось в разные помещения, результаты без учета погрешности можно увидеть в таблице 3.

### Разработка прототипа программного обеспечения

Для описания функционального назначения программного обеспечения на рисунке 2 приведена диаграмма вариантов использования.

Таблица 3. Зависимость силы сигнала RSSI от расстояния для NRF51822

Датчик 1		Датчик 2		Датчик 3		Датчик 4	
Расстояние	Сигнал	Расстояние	Сигнал	Расстояние	Сигнал	Расстояние	Сигнал
1 м	-62дБм	1 м	-60дБм	1 м	-61дБм	1 м	-62дБм
3м	-72дБм	3м	-69дБм	3м	-74дБм	3м	-73дБм
5м	-83дБм	5м	-82дБм	5м	-81дБм	5м	-83дБм
7.5м	-88дБм	7.5м	-87дБм	7.5м	-88дБм	7.5м	-88дБм
10м	-93дБм	10м	-94дБм	10м	-93дБм	10м	-92дБм



Рис. 2. Диаграмма вариантов использования приложения



Как видно из диаграммы, основным актером в данном программном обеспечении является пользователь приложения. Пользователь включает все устройства, добавляет каждый из датчиков в базу данных. При этом должно быть создано имя и описание датчика для лёгкой идентификации в будущем. Далее пользователь калибрует зависимость расстояния от уровня сигнала, для этого пользователь должен знать примерное расстояние до одного из датчиков и, если оно изначально вычисляется неточно, откалибровать.

После этого пользователь размещает датчики в разных помещениях, размещая их в неинерциальной системе отчета на карте, стараясь добиться того, чтобы потенциальное устройство оказалось между ними. Программное обеспечение получает уровень сигнала от датчиков, затем создается слой карты и на него накладывается невидимый слой сетки с координатами, затем по формулам (4) и (5) вычисляется примерное расположение зоны в котором находится устройство [3]. После получения результатов, приложение выводит на интерактивную карту зону расположения устройства. Работу прототипа приложения можно увидеть на рисунке 3, где красной зоной отмечено местоположение устройства, а синими точками расположение BLE датчиков.



Рис. 3. Работа прототипа приложения



Таким образом, был создан прототип приложения, вычисляющий примерное местоположение устройства по уровню сигнала BLE датчиков, в помещениях, на одной плоскости с датчиками. Дальнейшее развитие программного обеспечения предполагает улучшение точности определения местонахождения устройства и добавление фильтрации данных с датчиков. Улучшение стабильности и качества работы самого приложения. Также будет добавлен сервер на персональном компьютере для удобства просмотра перемещения телефона на карте и сопутствующее для этого программное обеспечение.

### Литература

1. Lahteenmaki J. Indoor Propagation Models/ J. Lahteenmaki. –COST Action 231: Digital mobile radio towards future generation systems: Final report,1999. P. 175-179.
2. Benkič, Using RSSI value for distance estimation in Wireless sensor networks based on ZigBee/ К. Benkič, М. Malajner, Р. Planinšič, Ž. Čučej. – SPaRC Laboratory. – UM-FERI Maribor, 2000
3. Коматинэни, С. GoogleAndroid: программирование для мобильных устройств/С. Коматинэни, Д. Маклин, С. Хэшими. –GoogleAndroid: программирование для мобильных устройств Pro Android 2. — 1-е изд. — СПб.:Питер, 2011. — 736 с.

В.О. Николашин, Л.С. Зеленко

## РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОТЧЕТОВ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «КОМПЛЕКС ОХРАНЫ ТРУДА»

(Самарский университет)

В наше время охрана труда является важной составляющей организации рабочего процесса на любом предприятии, где работают люди. Контроль за соблюдением правил безопасности в рабочем процессе, а также организацию необходимых мероприятий в области охраны труда осуществляют инженеры охраны труда. В своей работе им приходится работать с большим количеством документов, в том числе отчётных, связанных с проводимыми мероприятиями, а также с различного рода происшествиями и событиями на производстве, касающимися их деятельности.

Процесс составления отчётной документации в настоящее время чаще всего не автоматизирован, что делает его не эффективным, трудоёмким и весьма затратным по времени. Это приводит к тому, что инженеры охраны труда вынуждены значительную часть рабочего времени тратить не на совершенствование безопасности рабочих процессов, а на выполнение рутинной работы.



В целях автоматизации работы с документацией инженеров по охране труда ООО «Леруа Мерлен» компанией «Сенсоры модули системы – Информационные технологии» разрабатывается программный комплекс (ПК) «Комплекс охраны труда», который реализован на базе трехзвенной клиент-серверной архитектуры «клиент-сервер приложений-сервер базы данных».

На сервере приложений будут размещены подсистемы уровня взаимодействия, бизнес-логики и доступа к БД. Интерфейс пользователя будет реализован в виде «тонкого» клиента, который с помощью веб-браузера обращается к веб-серверу.

ПК «Комплекс охраны труда» представляет собой модульную систему, структура которой приведена на рисунке 1, разрабатываемая подсистема выделена зелёным цветом. Она должна обеспечивать следующие функции:

- 1) формирование источников данных для отчётов;
- 2) формирование отчётов на предварительный просмотр;
- 3) экспорт отчетов в заданном формате.

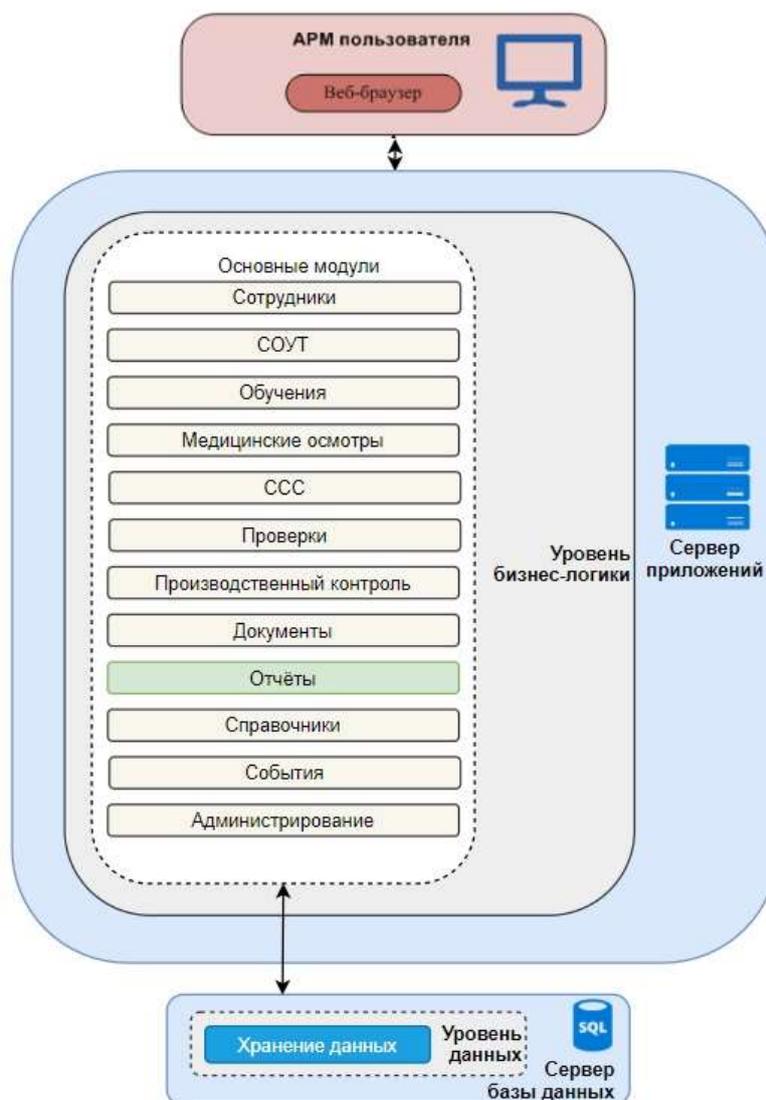


Рис. 1. Структурная схема ПК «Комплекс охраны труда»



В подсистеме отчеты будут использоваться для предоставления информации о проводимых мероприятиях и работах, а также о происшествиях на производстве. Структура отчетов, которые формируются в ПК «Комплекс охраны труда», с привязкой их к отдельным модулям комплекса приведена на рисунке 2, предполагается разработка 38 разных шаблонов отчетов.

На рисунке 3 изображена диаграмма вариантов использования для пользователя разрабатываемой подсистемы.

Пользователь должен иметь возможность задать параметры отчёта, выполнить предварительный просмотр отчёта, экспортировать отчёт в файлы формата \*.docx (Word) или \*.xlsx (Excel).

Так как количество формируемых отчетов очень большое, на диаграмме показано заполнение параметров только для двух отчетов, остальные выполняются аналогичным образом, различия заключаются только в количестве параметров и в их видах.

Подсистема формирования отчетов разрабатывается на языке программирования C# в среде разработки Visual Studio 2019 на платформе ASP.NET, она будет функционировать в составе ПК «Комплекс охраны труда» под управлением операционной системы Windows Server 2019 и СУБД PostgreSQL.



Рис. 2. Разделение отчетов по модулям ПК «Комплекс охраны труда»

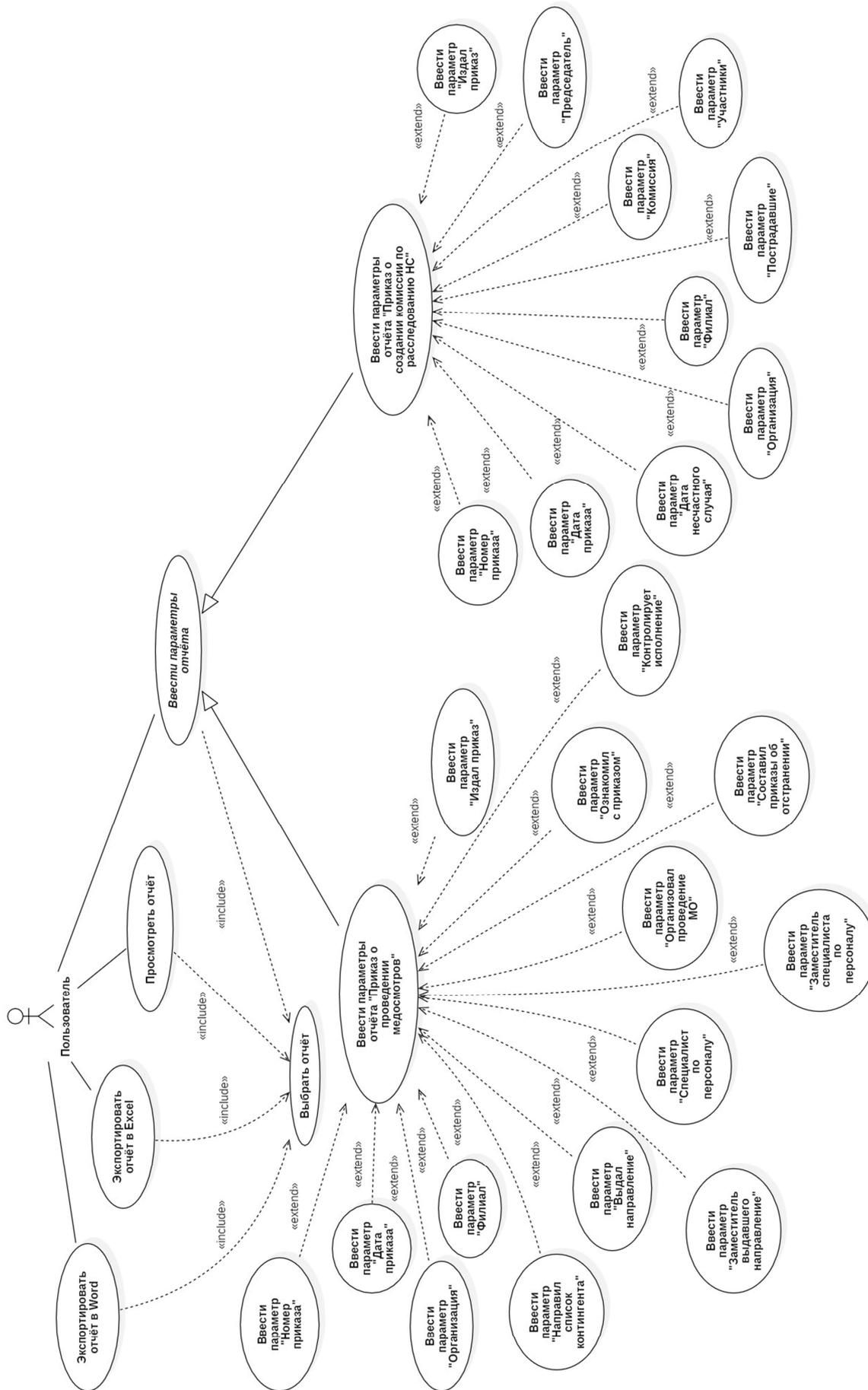


Рис. 3. Диаграмма вариантов использования подсистемы



Использование подсистемы существенно снизит нагрузку на инженеров охраны труда ООО «Леруа Мерлен», повысит эффективность их работы, позволит формировать отчеты по различному набору параметров и за различные периоды времени.

Д.А. Спиваков, Л.С. Зеленко

## РАЗРАБОТКА КЛИЕНТ-СЕРВЕРНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ «АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ РАБОЧЕЕ МЕСТО ВРАЧА- ЭНДОКРИНОЛОГА»

(Самарский университет)

Эндокринные заболевания характеризуются болезнями организма человека, причиной которых являются дисфункции эндокринных желез. При уменьшении количества гормонов щитовидной железы нарушается обмен веществ в организме, ухудшается работа сердечно-сосудистой системы, желудочно-кишечного тракта, психическая и половая активность. При нарушении инкреторной функции поджелудочной железы возникает сахарный диабет, выражающийся в нерегулируемом повышении уровня сахара в крови (гипергликемия). Очень важно вовремя обнаружить болезнь и начать курс лечения.

Ранее авторами по заказу ГБУЗ Самарской области «Самарская городская поликлиника № 4 Кировского района» было разработано автоматизированное рабочее место (АРМ) врача-эндокринолога [1], в состав которого вошли три модуля: «Щитовидная железа», «Сахарный диабет» и «Сочетанная патология», – которые предназначались для сбора результатов осмотра, жалоб, результатов УЗИ, постановки диагноза, выписки медикаментов пациентов с данными заболеваниями.

При использовании АРМ во врачебной практике появилась необходимость использования приложения несколькими врачами одновременно, это позволило бы увеличить эффективность работы медицинского учреждения, а также хранить все данные о пациентах с заболеваниями эндокринной системы в одной общей базе данных (БД). Кроме того, в системе необходимо было модифицировать существующие модули и добавить дополнительные модули, с помощью которых можно было бы вести прием пациентов, имеющих и заболевания щитовидной железы и больных сахарным диабетом.

Поэтому было принято решение разработать новую версию АРМ с использованием двухзвенной архитектуры «клиент-сервер». Данная архитектура позволяет создавать надежные (в смысле целостности данных) многопользовательские информационные системы с централизованной базой данных, независимые от аппаратной (а часто и программной) части сервера и поддерживающие графический интерфейс пользователя на клиентских



станциях, связанных локальной и/или глобальной сетью. При этом издержки на разработку приложений существенно сокращаются.

Структурная схема системы представлена на рисунке 1.

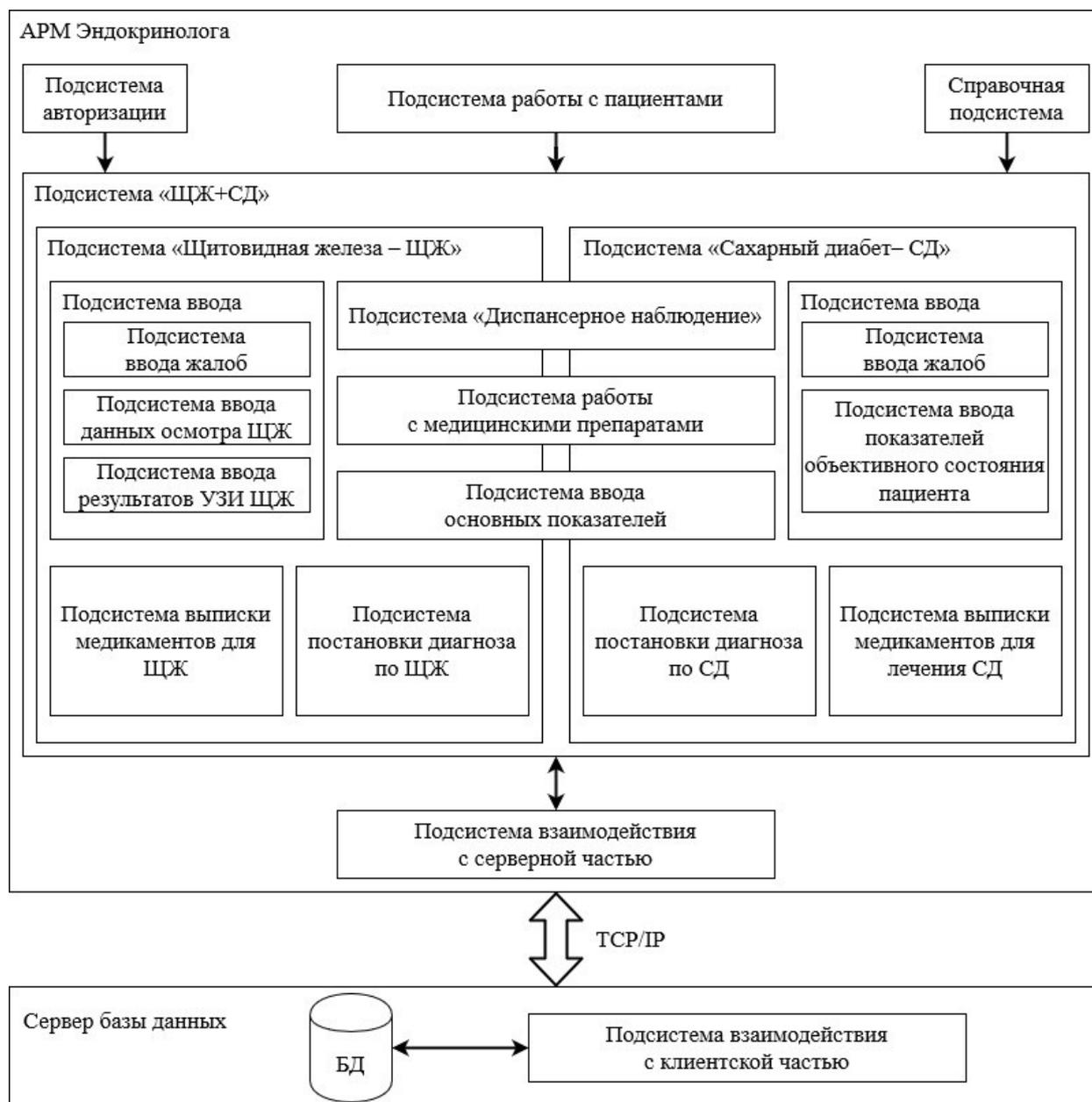


Рис. 1. Структурная схема системы

В состав клиентской части системы входят:

1 подсистемы общего назначения:

- авторизации, которая позволяет аутентифицировать пользователя;
- работы с пациентами, которая позволяет вести медицинские карты пациентов;



- справочная подсистема выдает краткое руководство для пользователя;
- взаимодействия с серверной частью.

2 модуль «Сочетанная патология», с помощью которого врач проводит консультацию по щитовидной железе и сахарному диабету, включает в себя модули «Щитовидная железа» и «Сахарный диабет».

3 модуль «Щитовидная железа», с помощью которого врач проводит консультацию по щитовидной железе, включает в себя подсистемы, отвечающие за ввод данных осмотра, жалоб, результатов УЗИ; постановки диагноза; выписки медикаментов;

4 модуль «Сахарный диабет», с помощью которого врач проводит консультацию по сахарному диабету, включает в себя подсистемы, отвечающие за ввод данных объективного состояния, жалоб; постановки диагноза; выписки медикаментов;

5 общие по функциональному назначению для обоих модулей (необходимо отметить, что набор блоков и тематических разделов для каждого модуля различен):

- «Диспансерное наблюдение», который позволяет пользователю назначать список рекомендуемых анализов, а также консультацию у других врачей;
- работы с медицинскими препаратами, которая предоставляет пользователю возможность работать с таблицей медикаментов;
- ввода основных показателей, с помощью которой пользователи могут ввести основных показатели пациента.

Приложение разработано для ОС Windows, среда разработки – Visual Studio 2017, язык программирования C#. В системы управления базой данных выбрана свободная объектно-реляционная система управления базами данных PostgreSQL 12.1. При разработке клиент-серверного приложения пришлось изменить существующие и добавить новые сущности в базу данных.

АРМ врача-эндокринолога позволит комплексно решить задачу ввода первичных медицинских данных, проведения консультаций и консилиумов, а также обеспечит своевременный анализ и мониторинг состояния здоровья пациента.

### **Литература**

1 Сливаков Д.А., Первишин Н.А., Зеленко Л.С. Разработка автоматизированного рабочего места врача-эндокринолога // Перспективные информационные технологии (ПИТ-2018): сб. науч. тр. межд. научно-техн. конф.; [под ред. С.А. Прохорова]. Электрон. текстовые и граф. дан. (34,4 Мбайт). Самара: Изд-во СНЦ РАН, 2018. С. 747-750.



А.А. Тарасов, И.В. Лёзина

## ИССЛЕДОВАНИЕ АППРОКСИМАТИВНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ НЕЧЁТКОГО ПЕРСЕПТРОНА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ ЯДЕРНЫХ ФУНКЦИЙ

(Самарский университет)

Задача аппроксимации является актуальной математической задачей. Для моделирования различных процессов, в частности экономических или физических, необходимо иметь функциональную зависимость, описывающую исследуемый процесс. На практике, для получения такой зависимости необходимо решить задачу аппроксимации, позволяющую на основании имеющихся данных построить функцию, описывающую исследуемый процесс [1].

В данной работе для решения задачи аппроксимации плотности распределения вероятности используется нейронная сеть архитектуры «нечёткий» персептрон. Эта сеть является многослойной и однонаправленной, состоящей из следующих слоёв: слой с нечёткой самоорганизацией (препроцессор) и многослойный персептрон.

Использование препроцессора обосновывается теоремой Ковера, утверждающей, что преобразование задачи в пространство более высокой размерности повышает вероятность линейной разделимости образов. Это позволяет подавать на вход многослойного персептрона уже откластеризованные данные [2].

Структура сети, используемая в данной работе, представлена на рисунке 1.

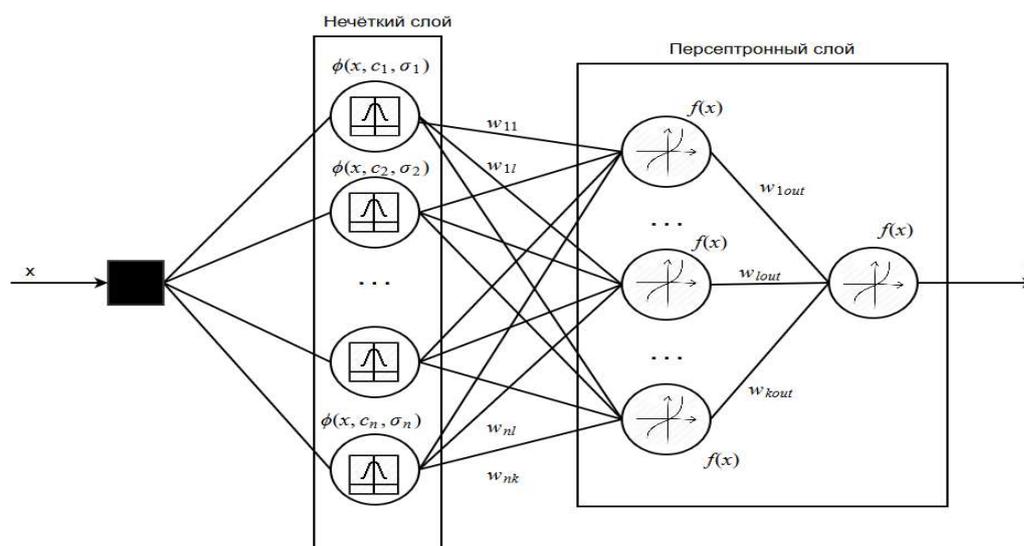


Рис. 1. Структура «нечёткого» персептрона



Аппроксимирующее выражение можно представить в виде:

$$h(x) = f\left(\sum_{i=1}^k w_{iout} f\left(\sum_{j=1}^n w_{ji} \varphi(x, c_j, \sigma_j)\right)\right) \quad (1)$$

где  $f$  – функция активации персептронного слоя,  $k$  – число нейронов в персептронном слое,  $n$  – число нейронов в нечётком слое,  $\varphi$  – ядерная функция нечёткого слоя,  $c_j$  – центр  $j$ -го нейрона,  $\sigma_j$  – радиус  $j$ -го нейрона.

С учётом ярко выраженной двухкомпонентной структуры для обучения нейронной сети используется алгоритм, состоящий из двух этапов.

На первом этапе проводится обучение, самоорганизующегося слоя, состоящего в подборе параметров центра и радиуса каждого нейрона нечёткого слоя. Как правило, центр и радиус функций активации нейронов нечёткого слоя должны иметь характеристики, подобные обучающим данным. Для определения центров нейронов обычно используются алгоритмы кластеризации. В данной работе используется алгоритм нечёткой кластеризации C-Means, а за ширину ядерной функции будет принято среднее расстояние между данными кластера [3].

Для обучения слоя многослойного персептрона будет использоваться алгоритм обратного распространения ошибки.

Функция фуззификации нечёткого слоя должна удовлетворять следующим требованиям [4]:

$$\varphi(u) = -\varphi(u) \quad (2)$$

$$0 \leq \varphi(u) \leq \infty \quad (3)$$

$$\int \varphi(u) du = 1 \quad (4)$$

$$\int u^2 \varphi(u) du = 1 \quad (5)$$

В данной работе будут исследованы аппроксимативные возможности «нечёткого» персептрона при использовании следующих функций фуззификации [5]:

- Ядро Епанечникова;
- Гауссово ядро;
- Трикватратное ядро;
- Косинусоидальное ядро;
- Логистическое ядро;
- Треугольное ядро;
- Сигмоидальное ядро;
- Ядро Сильвермана.

Исследования, проводились на случайных последовательностях. Объём выборки составлял 10000 отсчётов, число дифференциальных коридоров – 15. Количество нейронов в нечётком слое 15, в персептронном слое – 20. Функция активации персептронного слоя – сигмоидальная.

В таблице 1 представлены типовые законы распределения плотности вероятности и СКО аппроксимации в зависимости от вида ядерной функции.



Таблица 1 – СКО при тестировании сети для различных законов распределения с помощью различных ядерных функций

Распределение вероятности/ Ядерная функция	Нормальное	Экспоненциальное	Лапласа
Гауссова	0.00159	0.0045	0.0014
Ядро Епанечникова	0.0268	0.0098	0.0163
Биквадратное ядро	0.0235	0.0054	0.0271
Триквадратное ядро	0.01235	0.1108	0.01131
Косинусоидальное ядро	0.0174	0.0307	0.101
Логистическое ядро	0.000582	0.0041	0.006
Треугольное ядро	0.004	0.0179	0.073
Сигмоидальное ядро	0.000563	0.00265	0.003
Ядро Сильвермана	0.000592	0.00297	0.00354

Наилучшие результаты были получены при использовании логистического ядра, формула которого приведена ниже [5].

$$\varphi(x) = \frac{1}{\exp\left(\frac{(x-c)^2}{2\sigma^2}\right) + 2 + \exp\left(-\frac{(x-c)^2}{2\sigma^2}\right)} \quad (6)$$

### Литература

1. Прохоров, С.А. Аппроксимативный анализ случайных процессов. [Текст]/А.С.Прохоров. –2-е изд., перераб. и доп./СНЦ РАН, 2001. – 125с.
2. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание [Текст]/ Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.: ил.
3. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации [Текст]/ Пер. с польского И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344с.: ил.
4. Дьёрфи, Л., Деврой Л. Непараметрическое оценивание плотности. L1-подход [Текст] / Пер. с английского А.Б. Цыбакова. – М.: Наука, 1988. – 407 с.: ил.
5. Kernel Functions for Machine Learning Applications [Электронный ресурс]/ – Электрон. текстовые дан. –, – Режим доступа: – <http://crsouza.com/2010/03/17/kernel-functions-for-machine-learning-applications>, свободный.



Д.М. Умурзакова

## ОБЗОР МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА РАБОТЫ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ

(Ташкентский государственный технический университет)

Как известно, ТЭЦ является буферным потребителем доменного и коксового газов, что обуславливает наличие частых и глубоких со стороны расходов этих газов. Паровая нагрузка котельного цеха сильно колеблется. Систем автоматического регулирования (САР) тепловой нагрузки, функционирующая по принципу отработки отклонения регулируемой величины от заданного значения обладая малым быстродействием и точностью работы не успевает компенсировать колебания расходов газов чем и вызываются сильные колебания паровой нагрузки.

Существуют различные способы повышения точности и увеличения быстродействия систем автоматического регулирования.

Выбор целесообразного метода определения оптимальных параметров динамической настройки регулятора и учет реального характера возмущающих воздействий при этом способствует некоторому уменьшению колебаний нагрузки парогенератора. Дальнейшее повышение качества регулирования тепловой нагрузки при колебаниях расходов буферных топлив связано с применением более эффективных методов. Рассмотрим ряд методов повышения качества регулирования:

1. Увеличение коэффициента усиления системы в разомкнутом состоянии в САР по отклонению. Недостатки этого метода заключается в невозможности значительного уменьшения установившейся ошибки с увеличением  $K_p$ , т.е. при этом запас устойчивости системы уменьшается, переходной процесс затягивается, что приводит к увеличению переходной составляющей ошибки регулирования. При выборе  $K_p$  принимается во внимание допустимое значение установившейся ошибки и удовлетворительный переходный процесс. Например, при использовании этого метода для стабилизации следящей системы с принципом регулирования по отклонению установившаяся ошибка системы равна:

$$\theta = \frac{\Omega}{K_p};$$

где  $\Omega$  - скорость изменения управляющего воздействия (скорость исполнительного механизма). Запас устойчивости по амплитуде

$$\delta = \frac{K_{пр.}}{K_p};$$

где  $K_{пр.}$  - предельный усиления системы. Как видно, увеличение  $K_p$  приводит к уменьшению  $\theta$ , но одновременно уменьшает запас устойчивости  $\delta$ .



2. Включение в систему различных корректирующих устройств также способствует уменьшению установившейся и переходной составляющих ошибки регулирования. Однако, при этом также необходима компромиссная настройка.

3. М.В. Мееровым предложен метод увеличения значений  $K_p$  с сохранением устойчивости системы. Сущность метода заключается в охвате звена с большим  $K_p$  гибкой отрицательной обратной связью. Однако, при увеличении  $K_p$  увеличивается постоянная времени и запаздывание системы, а следовательно и переходная составляющая ошибки регулирования.

4. Метод повышения астатизма системы является эффективным средством уменьшения и устранения установившихся составляющих ошибок. Включение в систему регулирования по отклонению интегрирующих звеньев повышает порядок астатизма, но каждое интегрирующее звено вносит запаздывание по фазе во всем диапазоне частот, равное  $90^\circ$ , что приводит к уменьшению запаса устойчивости, а следовательно к ухудшению переходного процесса и потере устойчивости.

5. Созданием систем с переменной структурой, в которых реализуются динамические режимы, малочувствительные по отношению к внешним и параметрическим возмущениям.

6. Затруднения, встречающиеся при решении задачи повышения точности и быстродействия САР, устраняются в случае применения принципа комбинированного регулирования, т.е. сочетания принципов регулирования по отклонению и по возмущению. В комбинированных системах отсутствует противоречие между условиями уменьшения вынужденной и переходной составляющих ошибки регулирования и задачей сохранения заданного запаса устойчивости системы.

Таким образом, краткий анализ методов повышения точности и быстродействия САР по отклонению показывает, что для дальнейшего повышения качества регулирования целесообразно введение в систему компенсирующих связей по возмущениям. В нашем случае, по расходам доменного и коксового газов. В этом случае регулирование будет осуществляться за счет компенсирующей связи, а регулятор действующий по отклонению будет выполнять окончательную коррекцию процесса, необходимой из-за несовершенства компенсации или действия других возмущения.

### Литература:

1. Ротач, В.Я. Теория автоматического управления: учебник для студентов вузов. – 4-е изд. – М.: Изд-во МЭИ, 2007. – 400 с.
2. Siddikov I.X., Umurzakova D.M., Bakhrieva H.A., Adaptive system of fuzzy-logical regulation by temperature mode of a drum boiler // IIUM Engineering Journal, Vol. 21, No. 1, 2020. P. 185-192. <https://doi.org/10.31436/iiumej.v21i1.1220>.



3. Siddikov I.X., Umurzakova D.M., Yadgarova D.B., Structural-Parametric Synthesis of an Adaptive Fuzzy-Logical System // Universal Journal of Electrical and Electronic Engineering. ISSN: 2332-3299 (Online). Volume 7 No. 2. 2020 y. P. 94-102. DOI: 10.13189/ujeee.2020.070204.

Д.Ю. Феоктистов, В.В. Зверева, Е.А. Аксёнова

## САР МЕЖЭЛЕКТРОДНОГО ЗАЗОРА ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ АЛМАЗНЫХ ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ

(Пензенский государственный технологический университет)

**Аннотация.** Рассматриваются пути повышения точности и производительности электроэрозионного профилирования алмазных шлифовальных кругов. Разработана структурная схема САР подачи электрода электроэрозионного станка, отличительной особенностью схемы является использование типового ПИД-регулятора подачи электрода инструмента обрабатывающего разностный сигнал с выхода датчиков тока и напряжения межэлектродного промежутка.

**Ключевые слова:** САР, электроэрозионный станок.

Discusses ways to improve the accuracy and performance electroerosive profiling of diamond grinding wheels. A block diagram of the SAR electrode supply of the electroerosion machine is developed, a distinctive feature of the scheme is the use of a typical PID controller for the supply of an electrode that processes the difference signal from the output of current and voltage sensors of the interelectrode gap.

**Key words:** SAR, electric erosion machine.

Электроэрозионное профилирование алмазных шлифовальных кругов является наиболее эффективным и универсальным методом обработки. Для повышения точности этого процесса необходимо осуществлять стабилизацию межэлектродного промежутка на оптимальном уровне [1].

Стабилизация межэлектродного промежутка осуществляется с помощью автоматических регуляторов которые разделяются на программные [2] и экстремальные [3]. Программные регуляторы не обеспечивают оптимальное протекание процесса ЭОО, а экстремальные регуляторы имеют низкое быстродействие.

Для устранения этих недостатков предлагается следующая структурная схема системы регулирования межэлектродного зазора(МЭЗ).

На рисунке 1 представлена блок-схема автоматического регулятора подачи ЭИ. На рисунке приняты следующие обозначения: ГИ- генератор импульсов; ДТ- датчик тока; ДН- датчик напряжения; ИМ – исполнительный механизм; Р – регулятор; ЭИ – электрод инструмент; АК – алмазный круг.

Импульсное напряжение от ГИ поступает на МЭЗ. Импульсы напряжения и тока МЭЗ регистрируются датчиками тока (ДТ), а напряжения (ДН). Далее



сигналы с датчиков преобразуются и подаются на ПИД - регулятор (Р). На суммирующий вход ПИД-регулятора подаются импульсы с выхода датчика напряжения, а на вычитающий – импульсы с датчика тока.

При уменьшении МЭЗ уменьшается его сопротивление, что приводит к увеличению амплитуды импульсов тока и уменьшению амплитуды импульсов напряжения. Это приведёт к уменьшению напряжения на входе ПИД – регулятора и уменьшению скорости подачи электрода - инструмента. При увеличении МЭЗ происходит обратный процесс: увеличение сопротивления МЭЗ), уменьшению амплитуды импульсов тока и увеличению амплитуды импульсов напряжения, увеличению выходного напряжения регулятора и скорости подачи.

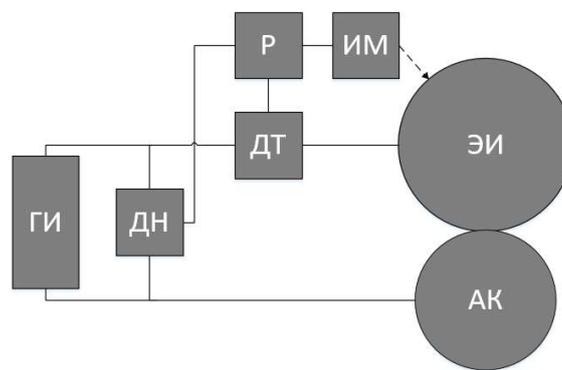


Рис. 1. Схема регулятора подачи ЭИ

Проведено моделирование работы САР подачи на математической модели. Simulink – модель САР подачи показана на рисунке 2. Результаты моделирования представлены на рисунках 3-6.

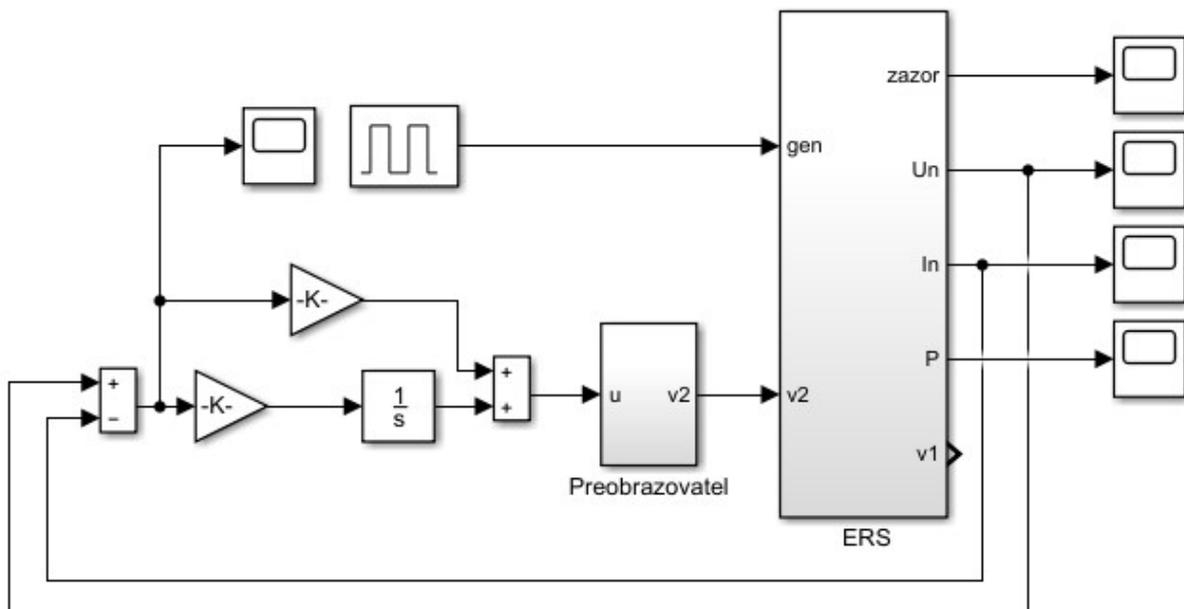


Рис. 2. САР подачи электрода

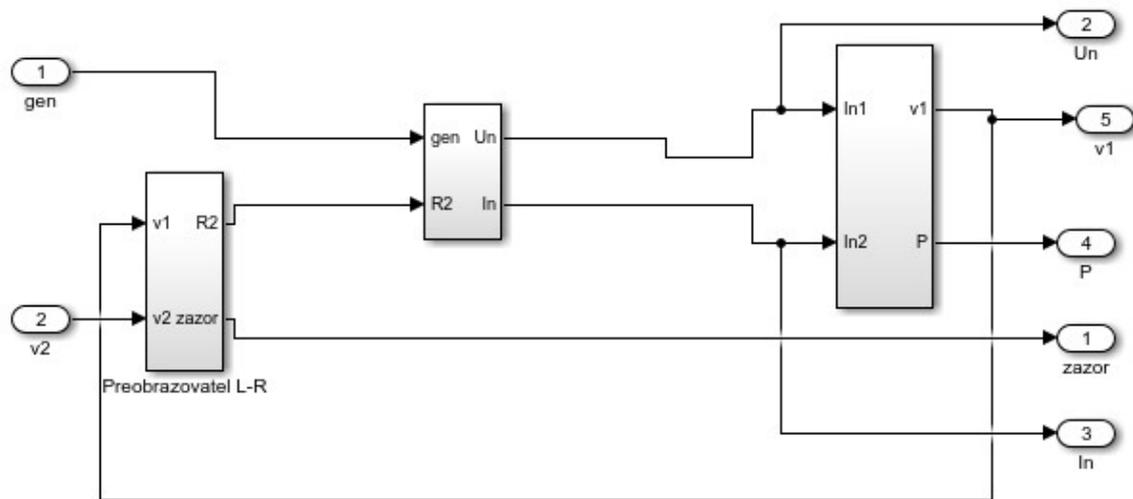


Рис. 3. блок ERS

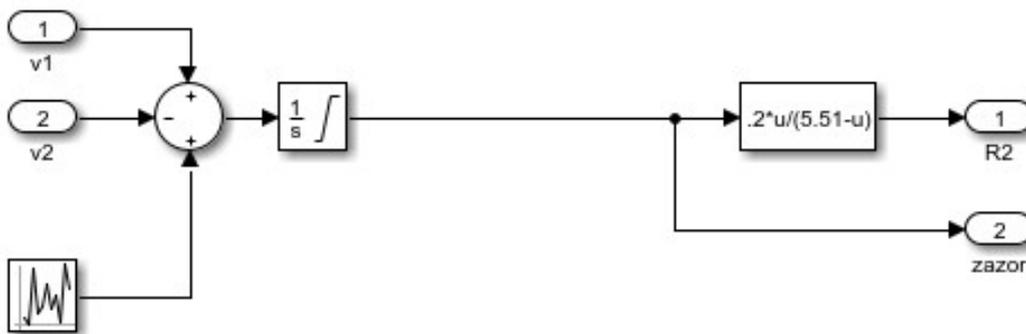


Рис. 4. блок Preobrazovatel L-R

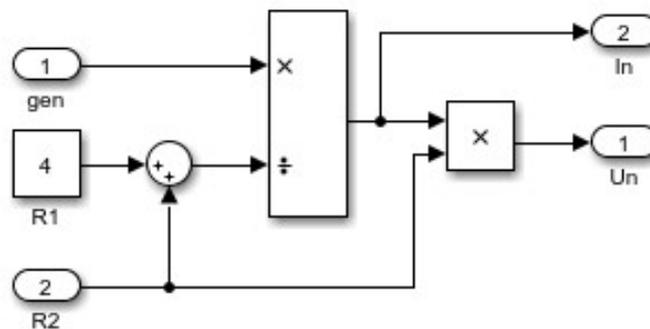


Рис. 5. блок Subsystem

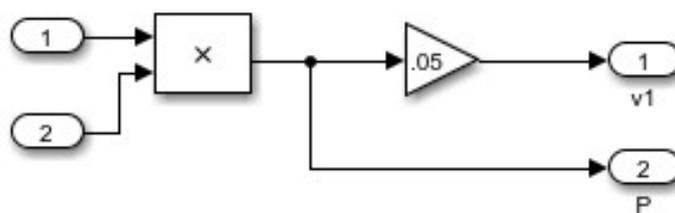


Рис. 6. блок Subsystem 2

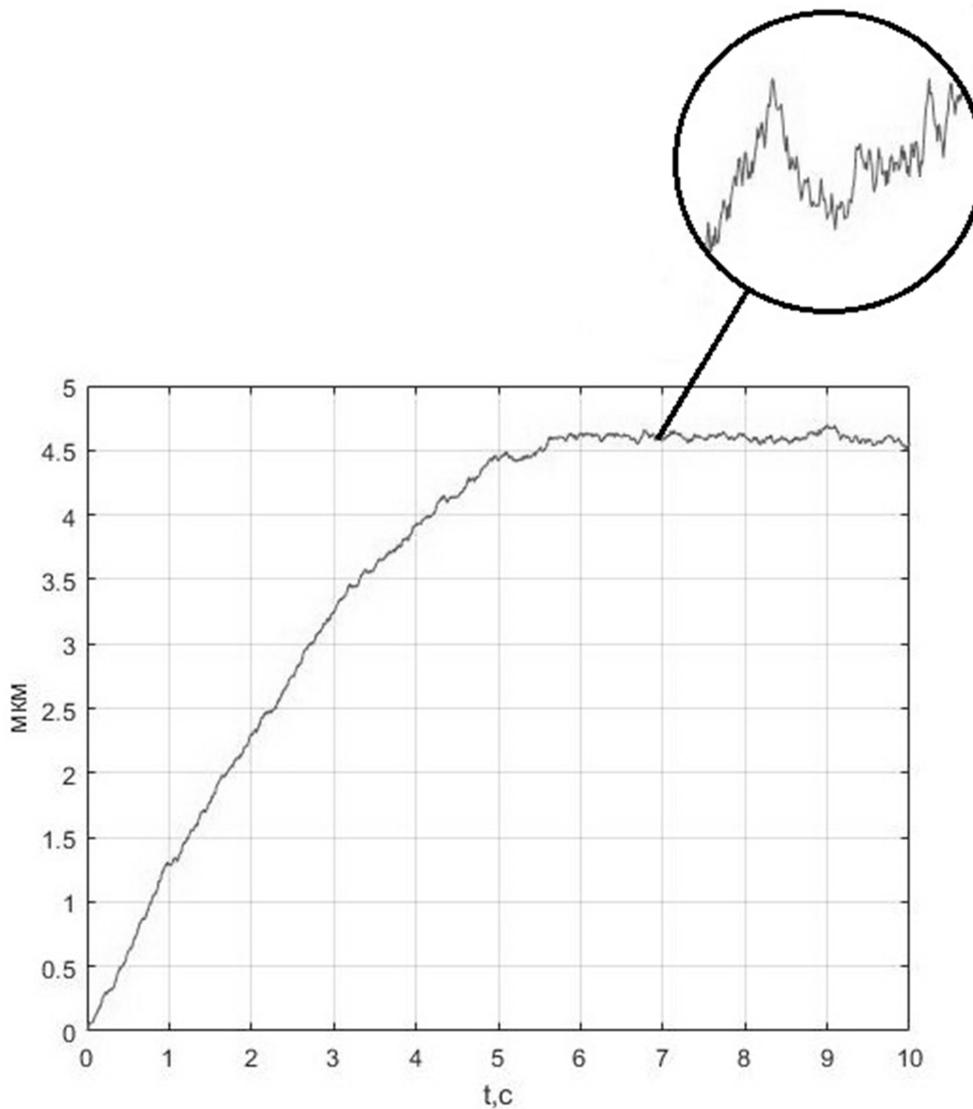


Рис. 7. Осциллограммы изменения зазора и расходуемой мощности

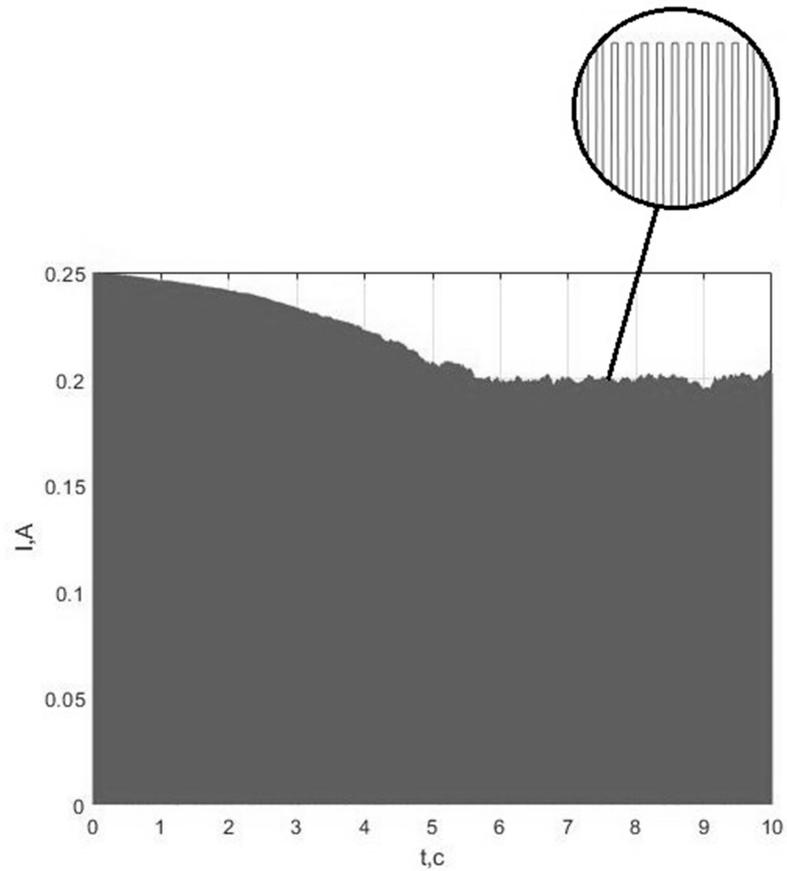


Рис. 8. Осциллограмма потребляемого тока

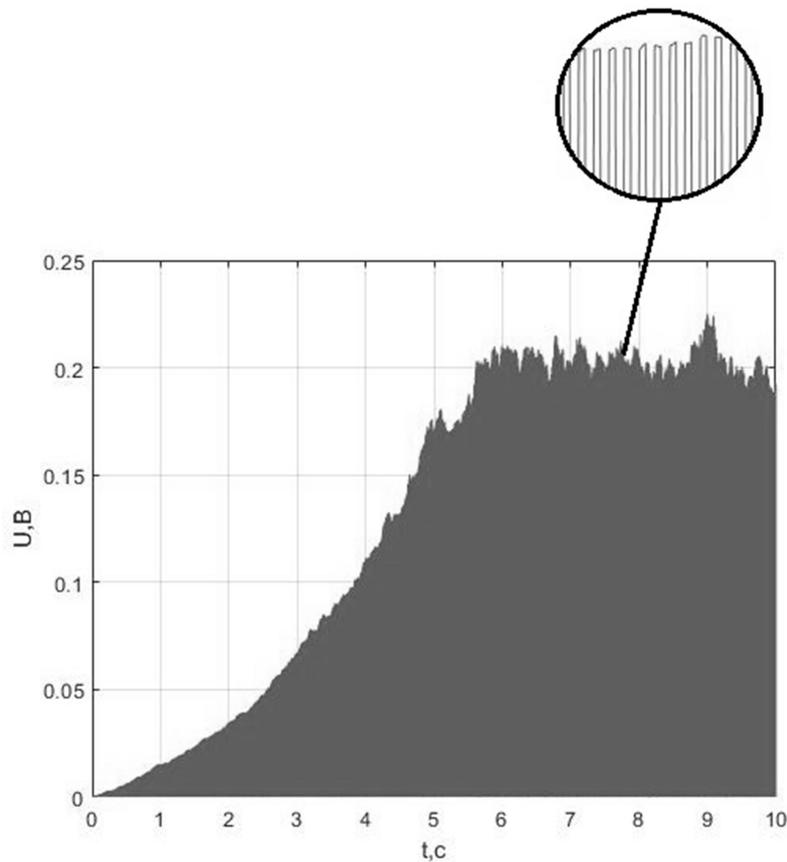


Рис. 9. Осциллограмма потребляемого напряжения

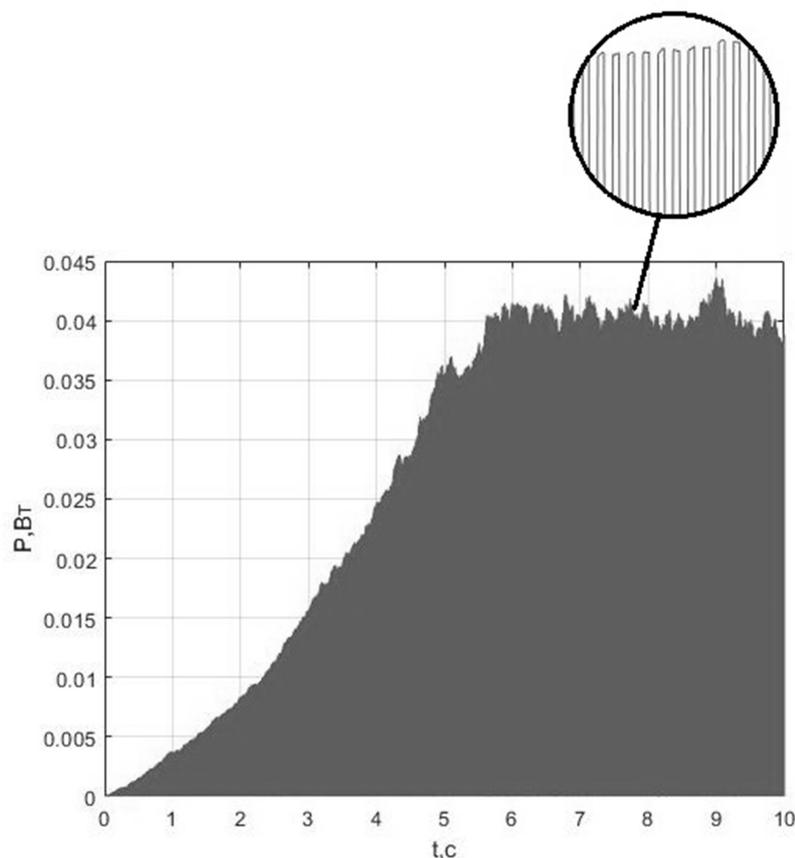


Рис. 10. Осциллограмма потребляемой мощности

Вывод: Целью работы является повышение точности процесса профилирования кругов за счет автоматической выставки заданного зазора между электродом-инструментом и алмазным кругом. Мы стабилизируем величину промежутка с помощью типового ПИД-регулятора, обрабатывающего разностный сигнал с выхода датчиков тока и напряжения межэлектродного промежутка. При уменьшении МЭЗ уменьшается его сопротивление, что приводит к увеличению амплитуды импульсов тока и уменьшению амплитуды импульсов напряжения. Это приведёт к уменьшению напряжения на входе ПИД – регулятора и уменьшению скорости подачи электрода - инструмента. При увеличении МЭЗ происходит обратный процесс.

### Литература

1. Электроэрозионная обработка изделий авиационно-космической техники / Ю. С. Елисеев, Б. П. Саушкин; под ред. Б. П. Саушкина. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. – 437 с.
2. Бойко А.Ф., Блинова Т.А., Сюсюка Е.Н. Исследование и разработка быстродействующего двухканального регулятора подачи электрода-инструмента для станков электроэрозионной прошивки микроотверстий. Часть 1. Разработка малоинерционного следящего регулятора подачи с использованием логических схем управления // ФГБОУ ВПО «Белгородский



государственный технологический университет им. В. Г. Шухова».– 2015. – № 21. – С. 151–155.

3. Семенов А.Д., Авдеева О.В., Никиткин А.С. Алгоритм экстремального регулирования на основе рекуррентной процедуры метода наименьших квадратов / // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2012. – № 1. – С. 3–11.

А.С. Широқанев, Н.Ю. Ильясова

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТЕПЛА НА СЕТЧАТКЕ ГЛАЗА ПРИ ЛАЗЕРНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

(Самарский университет)  
(Институт систем обработки изображений РАН)

### Введение

Лазерная коагуляция является основным инструментом лечения диабетической ретинопатии и представляет собой нанесение серии дозированных микроожогов в области макулярного отека [1,2]. На эффективность результата лечения сильно влияют такие факторы, как энергия лазерного излучения, преобразующаяся в тепловую, расстояние между коагулятами, площадь покрытия. Представленные параметры на настоящий момент выбираются врачом на основе опыта предыдущих операций. Однако расстояние между выстрелами и энергия теплового излучения могут сыграть большую роль в достижении высокой эффективности лечения. На основе уравнения теплопроводности можно смоделировать распространение тепла в сетчатке и оценить терапевтический эффект [3].

Для решения задачи уравнения теплопроводности аналитические методы не подходят в связи со сложностью форм функций объемной теплоемкости и поглощения тепла. При этом среда представляет собой слоистую структуру, где первый слой однороден и неинформативен, а остальные слои имеют сложную форму. Рекомендуется использовать нерегулярную сетку для решения данной задачи. Поэтому в данной работе рассматривается метод конечных элементов [4] для решения задачи теплопроводности.

### 1 Постановка задачи распространения тепла в среде при лазерном воздействии

Лазерное излучение способствует преобразованию энергии электромагнитного поля в тепловую энергию. Математически можно вывести начальное условие для уравнения теплопроводности через решение уравнения Максвелла. С учетом простоты задачи решать уравнение Максвелла не требуется. Начальное условие выражается через интенсивность лазерного излучения.



Интенсивность лазерного излучения задается формулой  $I(r) = \frac{P}{\pi a^2} e^{-\left(\frac{r}{a}\right)^2}$ ,

где  $a$  – радиус пятна,  $P$  – мощность лазера.

Будем рассматривать двумерную задачу теплопроводности. Такая задача соответствует сечению трехмерной среды, в плоскости которого проходит лазер. Изменение температуры в элементе вследствие прохождения импульса задается формулой (2).

$$\Delta T_{x_0}(x, z) = \frac{I(|x - x_0|) \beta(x, z) e^{-\beta(x, z) z} \Delta t}{c_{об}(x, z)}. \quad (2)$$

где  $\beta$  – функция поглощения,  $c_{об}$  – объемная теплоемкость.

Статическая задача в двумерном случае ставится в виде (3).

$$c_{об}(x, z) \frac{\partial T}{\partial t} = \left( \frac{\partial}{\partial x} \left( k(x, z) \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( k(x, z) \frac{\partial T}{\partial z} \right) \right). \quad (3)$$

С начальным условием  $T|_{t=0} = \Delta T_{x_0}(x, z)$ .

Граничные условия для простоты задаются нулевыми. Начальное условие можно задавать в центре рассматриваемой области, а область искусственно может быть расширена.

Функции  $c_{об}(x, z)$ ,  $k(x, z)$  и  $\beta(x, z)$  могут иметь произвольную форму. Для их описания подготавливается изображение, в котором яркость каждого пикселя соответствует интенсивности, которая преобразовывается в значение функции соответствующих координат. Изображение, таким образом, преобразовывается в матрицу значений функции. Для описания непрерывной функции необходимо произвести интерполяцию по полученной матрице.

## 2 Применение метода конечных элементов для решения поставленной задачи

Для начала воспользуемся методом разделения переменных, чтобы получить 2 задачи. Производится замена  $T(t, x, z) = U(t)v(x, z)$ . В результате образуются задачи (4) и (5).

$$\frac{dU(t)}{dt} + \lambda U(t) = 0. \quad (4)$$

$$c_x \left( k_x v'_x \right)'_x + c_z \left( k_z v'_z \right)'_z + \lambda v = 0. \quad (5)$$

Граничные условия задачи (5) нулевые, поскольку нулевыми были исходные граничные условия. Уравнение задачи (5) описано в общем виде, поскольку в результате дальнейших модернизаций функции могут быть разными для разных направлений распространения.

Задачу (5) будем решать методом Галеркина [4]. Решение представляется в виде (6), и записывается невязка (7).



$$\hat{v}(x, z) = \sum_{n=0}^{N-1} C_n \psi_n(x, z). \quad (6)$$

$$N(x, z) = \sum_{n=0}^{N-1} C_n \left[ c_x (k_x \psi_{nx})'_x + c_z (k_z \psi_{nz})'_z + \lambda \psi_n \right]. \quad (7)$$

Невязка должна быть ортогональна всем базисным функциям, то есть соответствовать уравнению (8).

$$\langle N(x, z), \psi_l(x, z) \rangle = 0. \quad (8)$$

Скалярное произведение выражается двойным интегралом произведения функций по области определения задачи  $D$ .

Однако помимо условия ортогональности функций необходимо учесть граничные условия. Таким образом получим следующую систему:

$$\begin{cases} \sum_{n=0}^{N-1} C_n \left[ \iint_D \left[ c_x (k_x \psi_{nx})'_x + c_z (k_z \psi_{nz})'_z \right] \psi_l dx dz + \lambda \iint_D \psi_n \psi_l dx dz \right] = 0, l = \overline{0, N_g - 1} \\ \sum_{n=0}^{N-1} C_n \psi_n(x_l, z_l) = 0, l = \overline{N_g, N_z - 1} \end{cases}$$

В этой системе  $N_g$  – количество внутренних точек,  $N_z$  – количество граничных точек.

Введем следующие обозначения:

$$A_{ln} = \iint_D \left[ c_x (k_x \psi_{nx})'_x + c_z (k_z \psi_{nz})'_z \right] \psi_l dx dz;$$

$$B_{ln} = \iint_D \psi_n \psi_l dx dz;$$

$$D_{ln} = \psi_n(x_l, z_l);$$

$$A = (A_{ln}); B = (B_{ln}); D = (D_{ln}).$$

Запишем систему линейных алгебраических уравнений (9).

$$\begin{pmatrix} A + \lambda B \\ D \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \end{pmatrix} = 0. \quad (9)$$

Система имеет нетривиальное решение, если определитель матрицы системы равен нулю. Получаем уравнение (10).

$$\det \begin{pmatrix} A + \lambda B \\ D \end{pmatrix} = \sum_{k=0}^{N_g} \det \begin{pmatrix} S_k \\ D \end{pmatrix} \lambda^k = 0. \quad (10)$$

Из уравнения (10) находим корни  $\lambda_k$ . Эти значения являются собственными числами задач (4) и (5). Для каждого собственного числа необходимо решить однородную систему линейных уравнений (9). Система имеет не единственное решение. В общем случае решение системы (9) выглядит в виде (11).

$$\vec{C} = \sum_{q=1}^Q p_q \vec{f}_q, \quad (11)$$



где  $\vec{f}_k$  – базисные векторы,  $p_k$  – произвольные постоянные,  $Q = N - r$ .

После подстановки коэффициентов (11) в формулу (6) получаем вид (12).

$$\hat{v}_k(x, z) = \sum_{n=0}^{N-1} \left[ \sum_{q=1}^{Q_n} p_q f_{qn}^k \right] \psi_n(x, z). \quad (12)$$

Общее решение задачи (3) задается формулой (13).

$$T(t, x, z) = \sum_{k=1}^K E_k e^{-\lambda_k t} v_k(x, z). \quad (13)$$

После подстановки (12) в (13) и дополнительных манипуляций с индексами получим окончательный вид решения (14).

$$T(t, x, z) = \sum_{n=0}^{N-1} \sum_{k=1}^K Y_{nk} \langle \vec{F}_k^n, \psi_n(x, z) \rangle e^{-\lambda_k t}. \quad (13)$$

Воспользовавшись начальным условием, можем сформировать систему линейных уравнений на базе выражения (13). В системе количество неизвестных будет больше, чем  $N$ . Они возникают вследствие решения однородных уравнений. Помимо заданных точек требуется взять дополнительные точки на непрерывной области, чтобы система линейных уравнений была определена. Точки должны быть такими, чтобы определитель матрицы был не равен нулю.

Таким образом, вычисляются неизвестные коэффициенты  $Y_{nk}$  выражения (13). На основе решения задачи (3) планируется оценивать расстояние распределения тепла и площадь с критической температурой. Метод конечных элементов позволит акцентировать внимание только на информативной области, где важно оценивать терапевтический эффект.

### Заключение

В результате проделанной работы была сформулирована задача теплопроводности для лазерного излучения и получено решение методом конечных элементов. Ключевым преимуществом метода конечных элементов является задание произвольной сетки. На основе полученного решения планируется оценивать расстояние, на которое распространяется тепло до образования коагулята.

### Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов № 19-31-90160, № 19-29-01135, № 18-37-00418 и Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках выполнения государственного задания Самарского университета и ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН.



### Литература

1. Дога, А.В. Современные аспекты диагностики и лечения диабетического макулярного отека / А.В. Дога, Г.Ф. Качалина, Е.К. Педанова, Д.А. Буряков // ФГБУ Межотраслевой научно-технический комплекс «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова, Москва, 2014. – Т. 4. – С. 51-59.
2. Issa, P.C. Macular telangiectasia type 2 / P.C. Issa, M.C. Gilliesb, E.Y. Chewc, A.C. Birdd, Tjebo F.C. Heerena, T. Petod, F.G. Holza, Hendrik P.N. Scholl // Progress in Retinal and Eye Research, 2013. – Vol. 34. – P. 49-77.
3. Kozak, I. & Jeffrey Luttrull, (2014) “Modern retinal laser therapy”, Saudi Journal of Ophthalmology, Vol. 29(2), pp.137-146.
4. Панкратов, И.А. Применение метода Галёркина к решению линейных задач оптимального управления / И.А. Панкратов // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Математика. Механика. Информатика, 2014. – Т. 14(3). – С. 1-10.

М.К. Щербинин, Л.С. Зеленко

### РАЗРАБОТКА МЕХАНИЗМА ПЕРСОНАЛИЗАЦИИ ОТЧЕТОВ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «КОМПЛЕКС ОХРАНЫ ТРУДА» И WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ИХ КОНФИГУРИРОВАНИЯ

(Самарский национальный исследовательский университет  
им. академика С.П. Королева)

В настоящее время в связи с интенсивностью развития производственных процессов, появлением и развитием новых видов деятельности, охрана труда приобретает все большее значение [1].

Ключевую роль в сфере охраны труда занимает формирование отчетной документации. Приказы, направления, акты протоколы – без этого не обходится ни одно предприятие. На заполнение документов специалисты могут затрачивать достаточно много времени [2].

Компанией «СМС-Информационные технологии» разрабатывается программный комплекс (ПК) «Комплекс охраны труда» (КОТ), который позволяет сократить затраты на поддержание безопасности и повысить эффективность на предприятии. У каждого заказчика существуют свои особенности как в наборе необходимых отчетов, так и при их заполнении и формировании.

Для решения этой задачи был разработан механизм персонализации отчетов, позволяющий в зависимости от требований заказчика устанавливать параметры для формирования отчетной документации. Данный механизм реализован в подсистеме формирования отчетов ПК «КОТ», структура которого приведена на рисунке 1. ПК «КОТ» реализован в виде web-приложения на базе трехзвенной клиент-серверной архитектуры.

При запуске приложения механизм извлекает все стили (в состав стиля включены шрифт, размер, жирность, курсив и подчёркивание) из файла, а при



формировании отчёта определяет у текстовых полей и ячеек таблицы отчёта параметр, соответствующий названию стиля, и применяет его.

Для описания функционального назначения web-приложения приведена диаграмма вариантов использования (рисунок 2). Пользователь может создавать новые стили, а также удалять и редактировать их, экспортировать и импортировать набор стилей, сбрасывать изменения стилей отчётов к глобальным стилям. Кроме этого пользователь может редактировать шаблон отчёта, изменяя в нём стили текстовых полей и ячеек таблицы, перед этим необходимо сформировать шаблон отчёта.

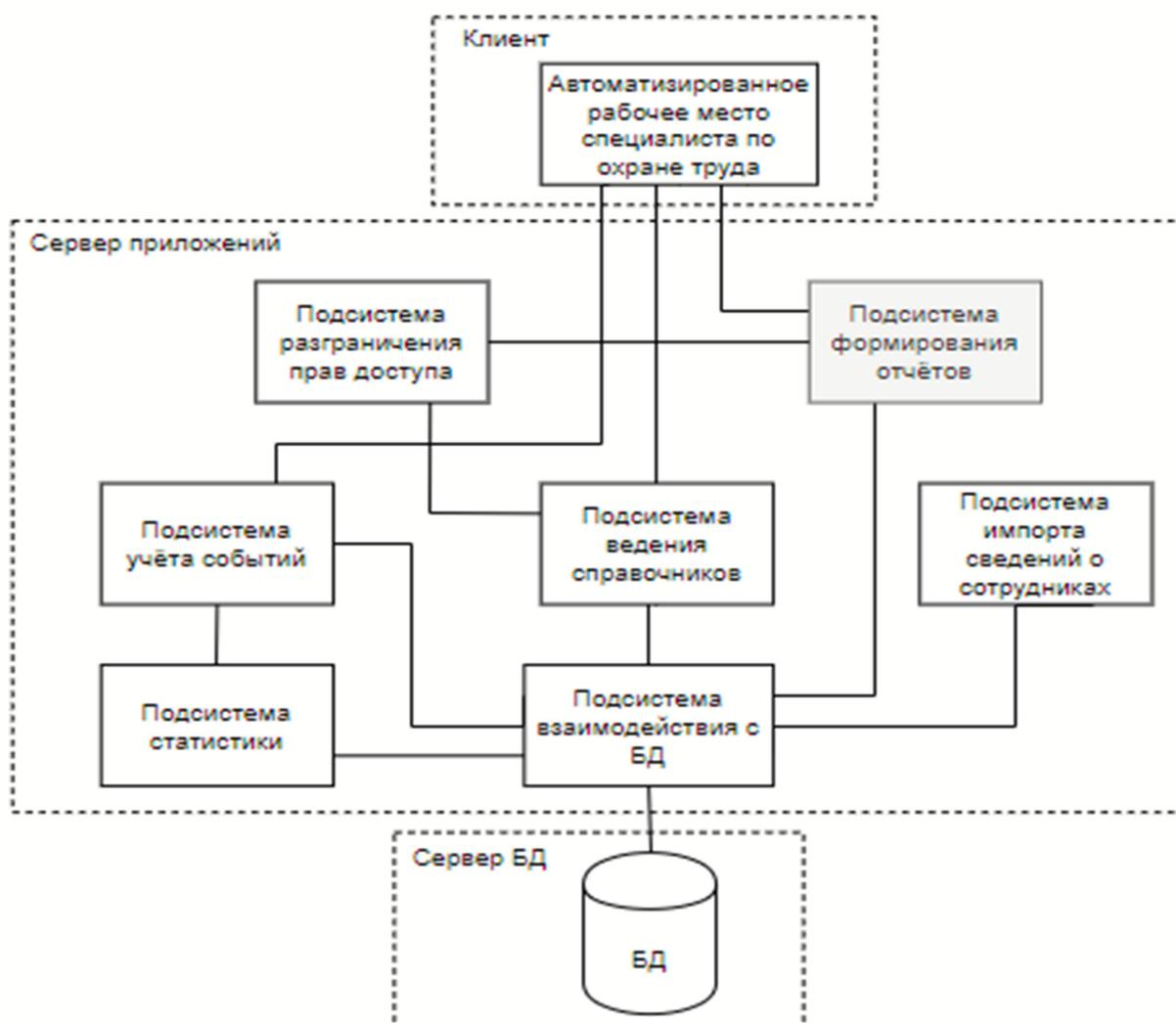


Рис. 1. Структурная схема ПК «КОТ»

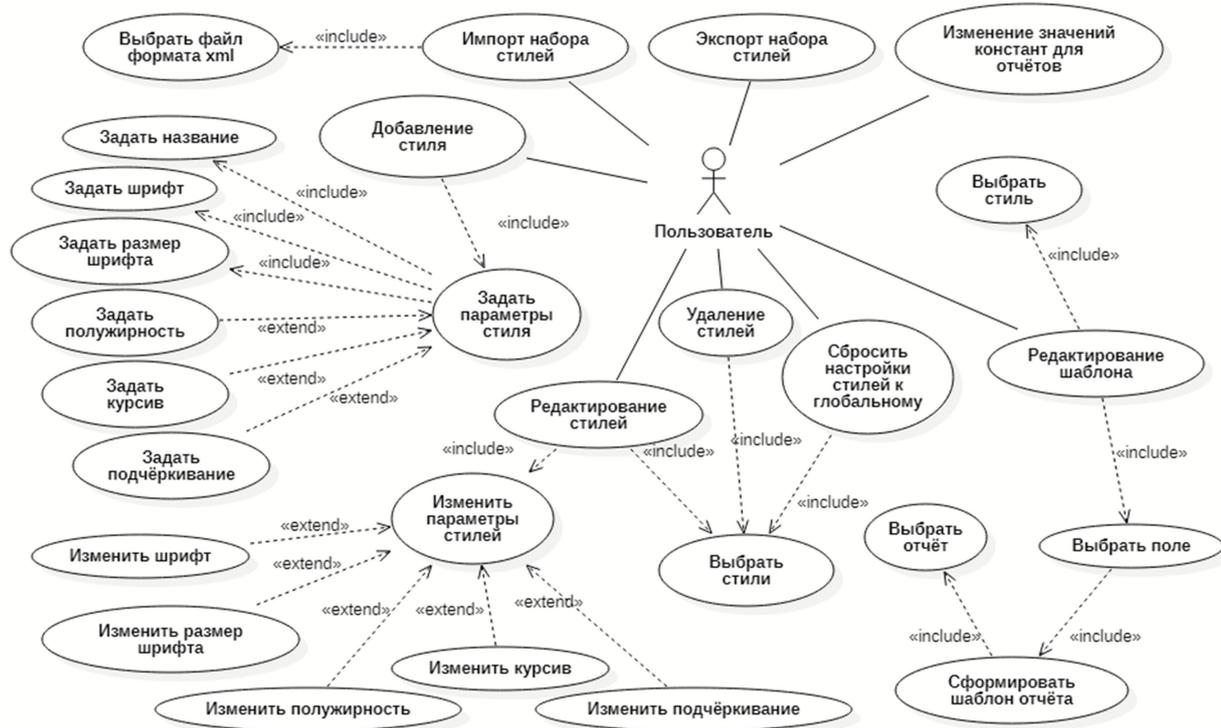


Рис. 2. Диаграмма вариантов использования web-приложения

Разработанное web-приложение имеет клиент-серверную архитектуру. Для разработки был выбран язык C# и среда разработки ASP.NET, так как они обладают: надежностью и стабильностью, встроенной защитой от различных видов нападений, производительностью и высокой скоростью работы, а также интеграцией с приложениями и прочими информационными системами [3].

### Литература

- 1 Роль охраны труда и ее состояние на современном производстве [Электронный ресурс]. URL: <https://moluch.ru/archive/244/56297/> (дата обращения: 02.04.2020).
- 2 Документация и отчетность по охране труда [Электронный ресурс]. URL: <https://websot.jimdo.com/2016/04/19/документация-и-отчетность-по-охране-труда/> (дата обращения: 02.04.2020).
- 3 Преимущество разработки в среде ASP.NET [Электронный ресурс]. URL: <http://www.webdom.net/inf/asp>.



Л.В Яблокова<sup>1</sup>, Д.Е. Яблоков<sup>2</sup>

## ОБОБЩЁННАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА РАСЧЁТА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ КОНСТАНТЫ В ТЕРМИНАХ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ АБСТРАКЦИЙ

(<sup>1</sup> Самарский университет, <sup>2</sup> ООО «ИнтеллектСофт»)

Попытки рассмотрения обобщённых численных алгоритмов с позиций абстрактной алгебры предпринимались уже неоднократно [1, 2]. Примеры таких реализаций [1], по сути, являются фундаментом для понимания, применения и развития обобщённого программирования. Основной акцент в них делается на том, что любой алгоритм, в зависимости от специфики его работы, накладывает определённый набор абстрактных требований на свои аргументы. Процесс осмысления этих требований можно представить в виде нескольких правил, задающих последовательность взаимодополняющих шагов, приводящих к получению качественной обобщённой реализации. Во-первых, очень важно правильно выбрать алгоритм, возвращающий корректный, ожидаемый результат за приемлемое время. Затем необходимо подобрать подходящую алгебраическую структуру [2] (иерархию структур), в терминах которой, будут выполняться требуемые вычисления и на её основе сформировать наиболее эффективный, с наименьшим количеством элементарных операций, вычислительный базис [2]. На третьем, заключительном шаге, нужно произвести моделирование в системе типов используемого инструмента кодирования и предусмотреть возможность обобщения моделей на семейства типов, объединённых по критерию соответствия выбранным алгебраическим абстракциям.

В статье будет рассмотрен алгоритм вычисления математической константы  $\pi$  [3], основанный на понятии арифметико-геометрического среднего (Рис. 1).

```
1 | algorithm pi(eps)
2 |     a = 1          b = rec(sqrt(2))
3 |     t = rec(4)    x = 1
4 |     while ((a - b) > eps)
5 |         y = half(a + b)
6 |         b = sqrt(a * b)
7 |         t = t - x * sqr(y - a)
8 |         x = twice(x)
9 |         a = y
10 |     end
11 |     pi = sqr(a + b) / 4 * t
12 | end
```

Рис. 1. Псевдокод алгоритма расчёта  $\pi$  на основе арифметико-геометрического среднего



Табл. 1. Характеристики работы алгоритма

Порог точности	Время (сек.)	Количество итераций	Начало расхождения в мантиссе (позиция)
$10^{-3}$	0.0000338	2	8
$10^{-6}$	0.0000534	3	11
$10^{-9}$	0.0000622	3	19
$10^{-12}$	0.0000623	4	24
$10^{-15}$	0.0000629	4	41
$10^{-18}$	0.0000812	4	41
$10^{-21}$	0.0002181	5	49
$10^{-24}$	0.0047874	5	49

Хотя в описании алгоритма содержатся дорогостоящие операции с высокой степенью сложности, такие как вычисление квадратного корня (Рис. 2), получаемая высокая точность результата за малое количество повторений основного цикла (Рис. 1, строки 4-10) компенсирует этот недостаток. Корректное завершение алгоритма расчёта, т.е. условие при котором происходит выход из тела цикла (Рис. 1, строка 4), гарантируется следующим:  $\frac{a+b}{2} > \sqrt{ab} \Rightarrow (a - b)^2 > 0$ , при  $a > 0, b > 0$  и  $\text{eps} \in (0; 1)$ .

```
1 algorithm sqrt(x, eps)
2   r = x / 2
3   do
4     t = r
5     r = (t + x / t)/2
6   while (abs(t - r) > eps)
7   sqrt = r
8 end
```

Рис. 2. Псевдокод алгоритма вычисления квадратного корня по методу Ньютона

Чтобы двигаться дальше, следует удостовериться в том, что хотя, на первый взгляд кажется очевидным, что все переменные (Рис. 1, 2) должны иметь тип `double`, сами алгоритмы могут работать и с множеством других подобных типов, объединённых в семейства (виды [2]). Главным условием принадлежности к виду является поддержка типом определённого набора синтаксических конструкций. Сгруппировать эти конструкции можно по некоторым семантическим критериям, относящим их к одной или нескольким алгебраическим абстракциям. Именно на этом уровне должна проходить формализация синтаксической и семантической общности для типов данных, имеющих общий синтаксис и, возможно, различную семантику. Поэтому необходимо определить область операторов, т.е. установить какие именно элементарные операции должны поддерживаться. Это: сложение, вычитание, умножение, деление и сравнение по критерию “больше”. Для операций `+`, `-`, `*`, `/` без труда можно найти аналогию среди уже известных алгебраических



структур. Понятие поля сочетает в себе свойства аддитивной и мультипликативной абелевых групп, т.е. содержит все четыре упомянутые операции, а также операции аддитивной и мультипликативной инверсий и соответствующие нейтральные элементы. Кроме того по определению в этой структуре заложены ассоциативность, коммутативность и дистрибутивность умножения и сложения, что полностью удовлетворяет требованиям к арифметической части. Возможность сравнения с помощью операции  $>$  подразумевает, что поддерживающий её объект, относится к типу, моделирующему концепцию упорядоченной структуры [4]. Для этого, в силу определений, должно быть реализовано транзитивное, нереклексивное и ассимметричное, однородное отношение строгого порядка (Рис. 3).

```
1 public interface IStrictlyOrdered<T>
2 {
3     bool Lt(T arg1, T arg2);
4 };
```

Рис. 3. Пример кода модели концепции строго упорядоченной структуры

Синтаксис языка C#, начиная с версии 3.0, позволяет добавлять методы расширения [5], т.е. внешние статические методы без необходимости создания производного или изменения сигнатуры целевого типа. Эту особенность можно использовать для реализации дополнительных операций, присутствующих в алгоритмах (Рис. 1, 2) и расширяющих синтаксис и семантику «упорядоченного поля» (Рис. 4, 5).

Модели алгебраических абстракций, выраженные обобщёнными интерфейсами, формируют иерархию наследования (Рис. 5), определяющую базовый контракт для классов-реализаций, т.е. тот функциональный минимум, который достаточен при проведении вычислений. Любой конкретный класс, наследующий одному, всем или нескольким узлам иерархии, может быть применён в качестве параметра `concept` в том или ином методе (Рис. 4-6), требования к аргументам которого, совпадают с унаследованными синтаксическими особенностями.

```
1 static bool Et<C, T>(this C concept, T arg1, T arg2) where C : IStrictlyOrdered<T>
2 {
3     return (!concept.Lt(arg1, arg2) && !concept.Lt(arg2, arg1));
4 }
5 // ...
6 static bool Gt<C, T>(this C concept, T arg1, T arg2) where C : IStrictlyOrdered<T>
7 {
8     return concept.Lt(arg2, arg1);
9 }
10 // ...
```

Рис. 4. Пример кода методов расширения для некоторых операций отношения



```
1 static T Sub<C, T>(this C concept, T arg1, T arg2)
2     where C : IAdditiveAbelianGroup<T>
3 {
4     return concept.Add(arg1, concept.Neg(arg2));
5 }
6 static T Abs<C, T>(this C concept, T arg)
7     where C : IStrictlyOrdered<T>, IAdditiveGroup<T>
8 {
9     return concept.Lt(arg, concept.Zero) ? concept.Neg(arg) : arg;
10 }
11 static T Twice<C, T>(this C concept, T arg) where C : IAdditiveAbelianGroup<T>
12 {
13     return concept.Add(arg, arg);
14 }
15 static T Half<C, T>(this C concept, T arg) : where C : IField<T>
16 {
17     return concept.Div(arg, concept.Twice(concept.One));
18 }
19 static T Sqr<C, T>(this C concept, T arg) where C : IMultiplicativeAbelianGroup<T>
20 {
21     return concept.Mul(arg, arg);
22 }
```

Рис. 5. Пример кода методов расширения  
для дополнительных математических действий

```
1 public static T PI<C, T>(this C concept, T threshold)
2     where C : IField<T>, IStrictlyOrdered<T>
3 {
4     var a = concept.One;
5     var _2 = concept.Twice(a);
6     var _4 = concept.Twice(_2);
7     var b = concept.Rec(concept.Sqrt(_2, threshold));
8     var t = concept.Rec(_4);
9     var x = a;
10
11     while (concept.Gt(concept.Abs(concept.Sub(a, b)), threshold))
12     {
13         var y = concept.Div(concept.Add(a, b), _2);
14         b = concept.Sqrt(concept.Mul(a, b), threshold);
15         t = concept.Sub(t, concept.Mul(x, concept.Sqrt(concept.Sub(a, y))));
16         x = concept.Twice(x);
17         a = y;
18     }
19
20     return concept.Div(concept.Sqrt(concept.Add(a, b)), concept.Mul(_4, t));
21 }
```

Рис. 6. Фрагмент кода реализации алгоритма расчёта  $\pi$

Код алгоритма (Рис. 6) является обобщённым, т.к. может работать с различными типами данных во множестве ситуаций, при условии соответствия установленным в универсальных объявлениях ограничениям (Рис. 6, строка 2). Так же код алгоритма представлен в терминах алгебраических структур, что сужает понятийный аппарат до терминологической базы универсальной алгебры. Всё это, по мнению авторов, чрезвычайно полезно, т.к. ключевые



особенности, используемых в обобщённом программировании абстракций, могут быть получены из удобной алгебраической таксономии, проясняющей свойства и взаимосвязи между составляющими.

### Литература

1. Stepanov, A. From mathematics to generic programming / A. Stepanov, E. Rose. – Boston: Addison–Wesley, 2015. – 293 p.
2. Stepanov A. Elements of Programming / A. Stepanov, P. McJones. – Boston: Addison–Wesley, 2011. – 272 p.
3. Brent, R.P. Fast multiple-precision evaluation of elementary functions // Journal of the Association of Computing Machinery. 1976, 23(11). – С. 713–735.
4. Цветов, В.П. О двойственных упорядоченных полугруппах бинарных отношений / В. П. Цветов // Перспективные информационные технологии, 2017. – С. 299-303.
5. URL: <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/csharp/programming-guide/classes-and-structs/extension-methods>



## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ

---

Ю.Д. Агафонова, Е.Н. Суровцев, А.В. Капишников

### АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ЛОКАЛИЗАЦИЯ МЕНИНГИОМ НА МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНЫХ ТОМОГРАММАХ ГОЛОВНОГО МОЗГА С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ

(Самарский университет, ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России)

В данной работе описывается алгоритм для решения задачи по автоматизированной локализации менингиом на снимках МРТ головного мозга с помощью методов глубокого обучения, как показано в [1], а именно, с использованием сверточных нейронных сетей. Решение данной задачи разбивается на три части, это предобработка изображений, в связи с различным количеством отчетов на каждом изображении в выборке, создание оптимальной архитектуры сверточной нейронной сети и анализ полученных результатов для различных режимов сканирования.

При проведении магнитно-резонансной томографии делается несколько снимков в различных режимах сканирования для одного и того же пациента. Какие-то режимы используют в зависимости от случая, какие-то используют всегда в обязательном порядке. Поэтому при решении задачи сегментации и детектирования менингиом было произведено исследование по определению оптимального режима сканирования. Выявление оптимального режима сканирования является важным этапом для дальнейшего анализа подобных медицинских изображений.

Предобработка изображений включала в себя приведение изображений к единому формату и размеру, так как при различных размерах мы можем получить отличные от действительности показатели точности. Примеры входных данных можно увидеть на рис.1 (а, б). Примеры выходных данных на рис. 2 (а, б). Всего выборка состояла из 227 исходных изображений и 227 изображений, размеченных вручную. Выборка была составлена по результатам обследования двадцати пациентов до лечения и во время лечения.

Далее, для работы с изображениями была использована сверточная нейронная сеть[2]. Архитектура нейронной сети показана на рис.3. Данная нейронная сеть состояла из одиннадцати сверточных нейронных слоев. Значения ядер свертки варьировались от трех до девяти отсчетов, значение фильтров от 32 до 256 отсчетов.

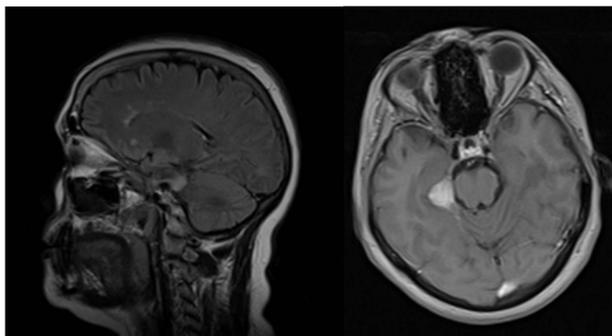


Рис. 1. Примеры входных данных для пациента а (слева) и пациента б (справа)

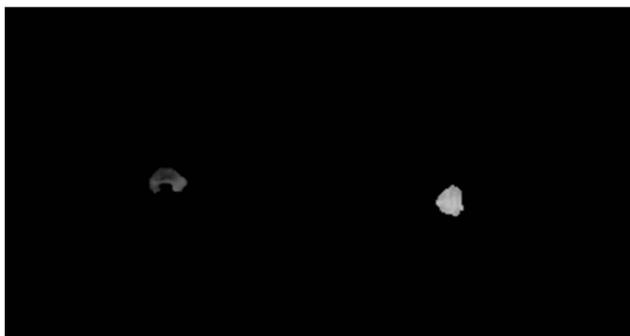


Рис. 2. Примеры выходных данных для пациента а (слева) и пациента б (справа)

В данной научно-исследовательской работе мы использовали функцию активации ReLU[2]:

$$f_{ReLU}(x) = \max(x, 0)$$

Выборка для обучения составляла около 75% от основной выборки, оставшаяся часть изображений попала в контрольную выборку.

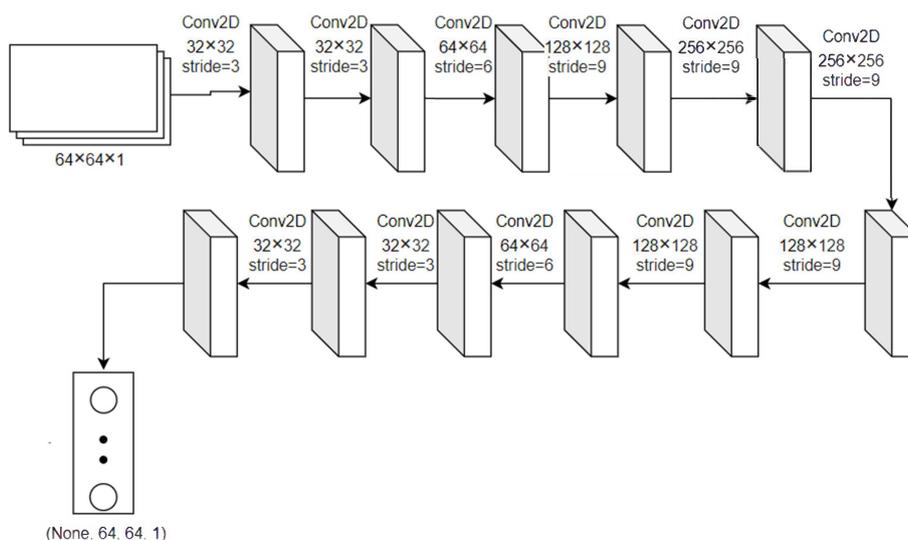


Рис. 3. Схема архитектуры использованной сверточной нейронной сети



В результате исследование производилось по пяти режимам сканирования. Мы работали с: режимом С - 55 снимков из всей выборки, имеются для каждого пациента; режимом D - 21 снимок из всей выборки, имеются не для каждого пациента; режимом F - 45 снимков из всей выборки, имеются не для каждого пациента; режимом T1 - 52 снимок из всей выборки, имеются для каждого пациента; режимом T2 - 52 снимок из всей выборки, имеются для каждого пациента. Полученные результаты научно – исследовательской работы приведены в таблице 1. Также на рис.4 можно увидеть график ROC – кривой [3]. Площадь и кривизна данного графика также является важным показателем для оценки работы алгоритма.

Таблица 1 – Сопоставление метрик и режимов сканирования

режимы \ метрики	С	D	F	T1	T2
Accuracy	0.93941	<b>0.99027</b>	0.94539	0.89894	0.84305
Specificity	0.94138	<b>0.99439</b>	0.94939	0.90094	0.84380

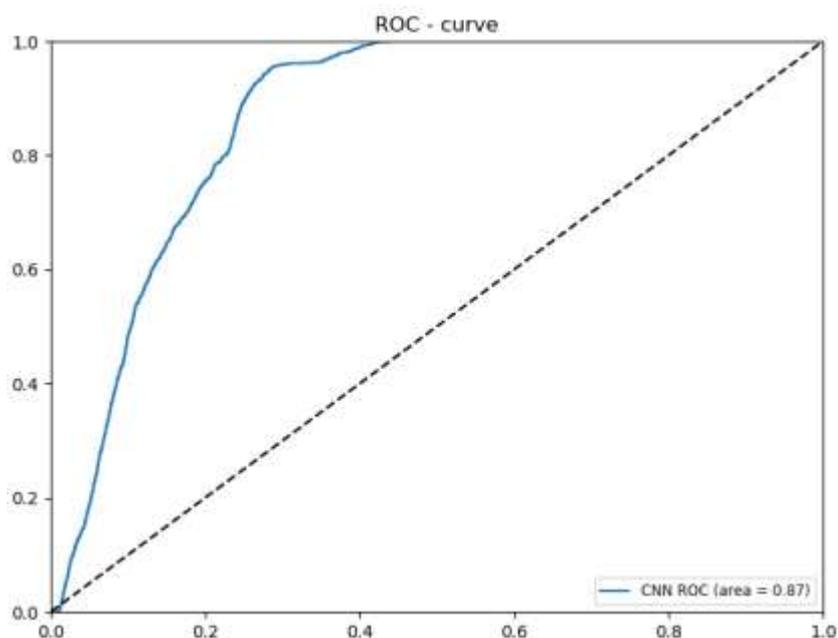


Рис. 4. График ROC-кривой для режима сканирования D

Как можно увидеть по таблице 1, приведенный алгоритм лучше всего справляется с режимом сканирования D. Достоверность определения пикселей составляет около 99%, это означает, что 99% пикселей при сегментации определяется верно. Площадь под графиком на рис.4 также достаточно высока для режима сканирования D и составляет 0.87.



### Литература

- 1 Агафонова Ю.Д. Локализация области патологических изменений на изображениях МРТ головного мозга / Ю.Д. Агафонова, А.В. Гайдель // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2019). – Самара, 2019. – С. 362-365.
- 2 He, K. Convolutional neural networks at constrained time cost / K. He, J. Sun // The IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2015. – P. 5353-5360.
- 3 Davis J., Goadrich M.. The Relationship Between Precision-Recall and ROC Curves, ICML 2006Gaidel, A. Method of automatic ROI selection on lung CT images / A. Gaidel // Procedia Engineering. – 2017. – Vol. 201. – P. 258-264.

Г.А. Альгашев, О.П. Солдатова

## РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ПОДСЧЁТА КОЛИЧЕСТВА ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИИ С ПОМОЩЬЮ СВЁРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

(Самарский университет)

Задача подсчёта объектов на изображении является одной из задач систем компьютерного зрения. Её суть состоит в определении или предсказывании количества однотипных объектов на изображении. Эта задача часто встречается в самых различных сферах, начиная от промышленности, заканчивая медициной.

Оценка количества объектов на изображении можно отнести к задачам обработки изображений. Сейчас большой популярностью обладают методы обработки изображений с помощью свёрточных нейронных сетей. Изначально с помощью них решали задачу классификации изображений, но сейчас свёрточные модели применяют и для решения задачи регрессии.

Свёрточная нейронная сеть — специальная архитектура искусственных нейронных сетей, предложенная Яном Лекуном в 1988 году и нацеленная на эффективное распознавание образов, входит в состав технологий глубокого обучения [1]. Сеть использует некоторые особенности зрительной коры, в которой были открыты так называемые простые клетки, реагирующие на прямые линии под разными углами, и сложные клетки, реакция которых связана с активацией определённого набора простых клеток. Таким образом, идея свёрточных нейронных сетей заключается в чередовании свёрточных слоёв и слоёв подвыборки. Структура сети — однонаправленная (без обратных связей), принципиально многослойная. Для обучения используются стандартные методы, чаще всего метод обратного распространения ошибки. Функция активации нейронов (передаточная функция) — любая, по выбору исследователя.

Название архитектуры сеть получила из-за наличия операции свёртки, суть которой в том, что каждый фрагмент изображения умножается на матрицу



(ядро) свёртки поэлементно, а результат суммируется и записывается в аналогичную позицию выходного изображения.

Архитектура сети представлена на рисунке 1.

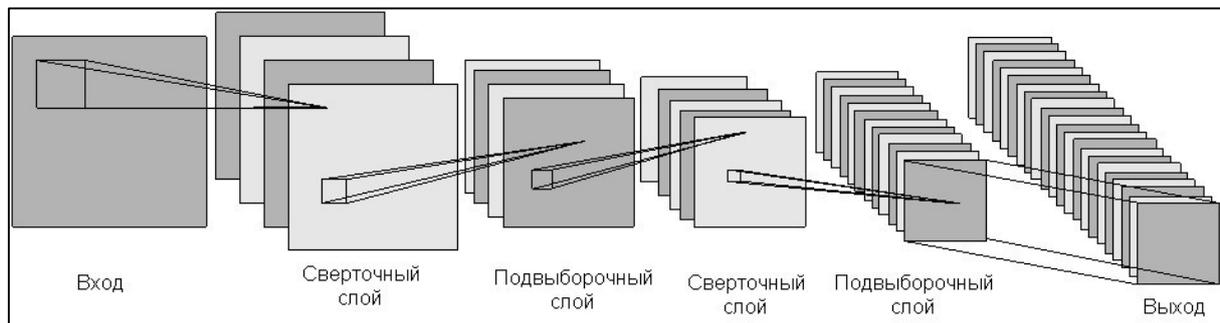


Рис. 1. Архитектура свёрточной нейронной сети

Для решения поставленной задачи было решено использовать глубокую свёрточную нейронную сеть и свести задачу подсчёта объектов на изображении к решению задачи регрессии, т.е. предсказывать значение числовой переменной на основе поступающих на вход данных об изображении (предикторов).

Для решения поставленной задачи в качестве данных для обучения была взята база изображений, содержащие бактериальные клетки, подсвеченные с помощью люминесцентной микроскопии в количестве 200 экземпляров (рисунок 2) и набор изображений, представляющий собой аннотацию к исходным данным, в которых выделены центры бактериальных клеток на изображении (рисунок 3) [2]. Исходные данные представляют из себя цветные изображения размеров 256 на 256 пикселей. Для обучения и тестирования сети было решено выделить на изображениях участки размеров 32 на 32 и подавать их на вход свёрточной нейронной сети.

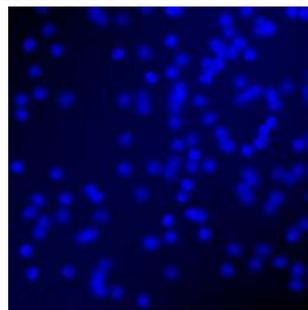


Рис. 2. Изображение, содержащее бактериальные клетки



Рис. 3. Аннотация к исходным данным



Для обучения и тестирования сети было решено взять 1000 изображений размером 32 на 32 и разделить их в соотношении 80% обучающих данных и 20% данных для тестирования или 800 и 200 изображений соответственно.

Перед использованием в сети исходные данные и аннотации к ним были нормализованы.

В качестве модели нейронной сети было решено взять свёрточную нейронную сеть VGG16 [3]. Эта сеть характерна своей простой организацией, использует свёрточные слои с размером ядра свёртки 3x3, которые идут друг за другом. Уменьшение размерности производится слоями подвыборки, в которых происходит выбор максимального значения из квадрата 2x2. Затем следуют полносвязные слои, каждый из которых состоит из 4096 нейронов. Последний слой, который реализован с функцией активации SoftMax для классификации объекта, было решено заменить на слой, состоящий из одного нейрона, с помощью которого будет решаться задача регрессии. Номер 16 в названии модели означает количество слоёв, из которых состоит рассматриваемая модель. Сеть обучалась в течении 100 эпох. Архитектура сети представлена на рисунке 4.

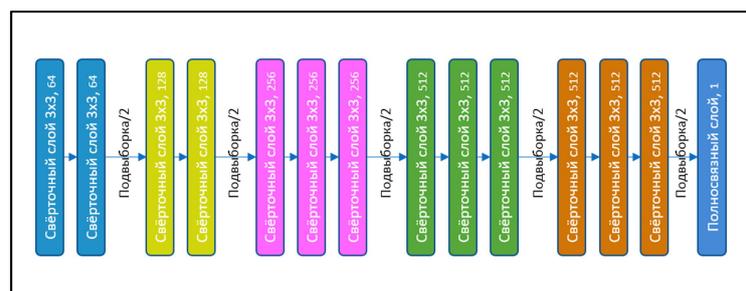


Рис. 4. Архитектура обучающей нейронной сети

В качестве метрики было решено использовать евклидово расстояние [4]. Это наиболее распространенная функция расстояния, которая представляет собой геометрическое расстояние в многомерно пространстве:

$$\rho(x, \hat{x}) = \sqrt{\sum_i^n (x_i - \hat{x}_i)^2}$$

В качестве оптимизатора используется метод адаптивной инерции [5]. Это оптимизационный алгоритм, который сочетает в себе идею накопления движения и идею слабого обновления весов для типичных признаков. Оценка первого момента вычисляется как скользящее среднее. В методе оценки первого и второго моментов инициализируются нулями, в результате чего используется небольшая корректировка, чтобы результирующие оценки не были смещены к нулю. Метод инвариантен к масштабированию градиентов.

В методе используются следующие параметры:



- 1)  $Y_1$ , и  $Y_2$  – окна накопления, могут принимать значения от 0 включительно до 1;
- 2)  $m_t$  – оценка математического ожидания на шаге  $t$ ;
- 3)  $g_t$  – оценка средней нецентрированной дисперсии на шаге  $t$ ;
- 4)  $\hat{m}_t$  и  $\hat{g}_t$  – скорректированные значения оценок математического ожидания и средней нецентрированной дисперсии на шаге  $t$ ;
- 5)  $\eta$  – скорость обучения;
- 6)  $\epsilon$  – коэффициент сглаживания.

При заданных параметрах  $Y_1$ ,  $Y_2$ ,  $\eta$ ,  $m_0=0$  и  $g_0=0$  правило перерасчёта следующее:

$$m_{t+1} = Y_1 m_t + (1 - Y_1) \nabla f_i(\theta_t),$$

$$g_{t+1} = Y_2 g_t + (1 - Y_2) \nabla f_i(\theta_t)^2,$$

$$\hat{m}_{t+1} = \frac{m_{t+1}}{1 - Y_1^{t+1}},$$

$$\hat{g}_{t+1} = \frac{g_{t+1}}{1 - Y_2^{t+1}},$$

$$\theta_{t+1} = \theta_t - \frac{\eta \hat{m}_{t+1}}{\sqrt{\hat{g}_{t+1} + \epsilon}}$$

В обучаемой модели скорость обучения  $\eta=0,00001$ ,  $\epsilon=10^{-8}$ , параметры  $Y_1=0,9$ ,  $Y_2=0,999$ .

На рисунке 5 изображен график изменения евклидовой метрики сети после каждой эпохи обучения. На рисунке 6 изображён график изменения достоверности сети после каждой эпохи обучения. Под достоверностью понимают долю правильно распознанных данных, подаваемых на вход сети.

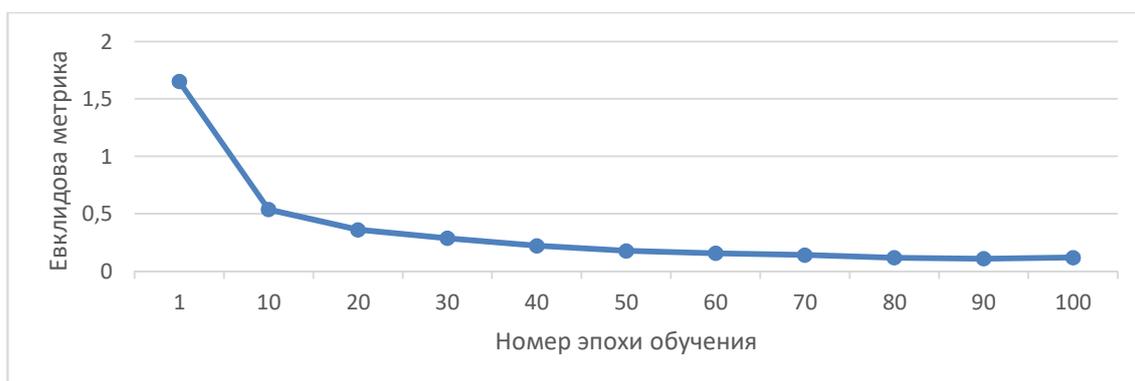


Рис. 5. График изменения евклидовой метрики сети

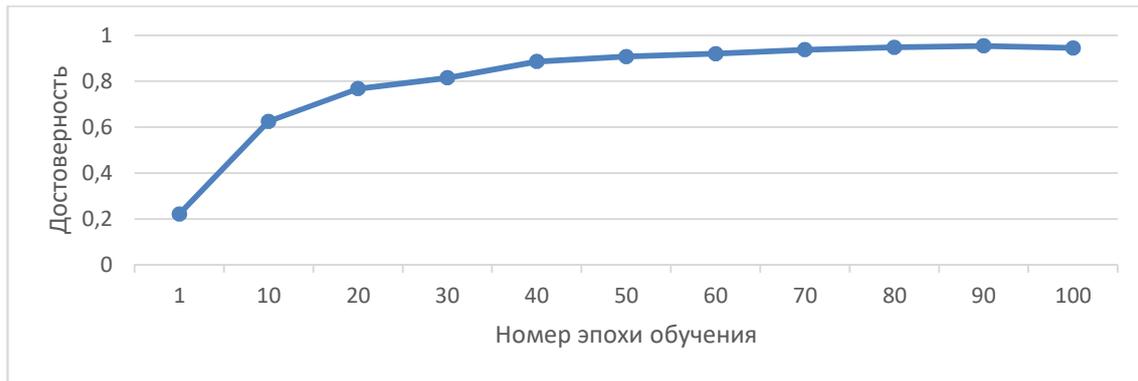


Рис. 6. График изменения достоверности сети

На тестовой выборке модель выдала данные с достоверностью в 0,73.

Как видно из графиков, обученная свёрточная нейронная сеть показала хороший результат в решении задачи регрессии. С увеличением количества эпох обучения сеть показывается всё большую достоверность и достигает своего максимума в диапазоне 90 – 100 эпох. Таким образом, используемый метод можно использовать для решения задачи подсчёта однотипных объектов на изображениях.

### Литература

1. LeCun Y., Boser B. Backpropagation Applied to Handwritten Zip Code Recognition [Текст] / Y. LeCun, B. Boser // Neural Computation / – 1989. 541-551 с.
2. Lempitsky V., Zisserman A. Learning To Count Objects in Images [Текст] / V. Lempitsky, A. Zisserman // Advances in Neural Information Processing Systems 23 (NIPS 2010) / – 2010.
3. Simonyan, K. Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition [Текст] / K. Simonyan, A. Zisserman // Computer Vision and Pattern Recognition / – 2014. – 14 с.
4. Евклидова Метрика [Электронный ресурс] // Википедия – свободная библиотека. - URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Евклидова\\_метрика](https://ru.wikipedia.org/wiki/Евклидова_метрика) (дата обращения 10.12.2019).
5. Kingma D, Ba J. Adam: A Method for Stochastic Optimization [Текст] / D. Kingma, J. Ba // <https://arxiv.org/abs/1412.6980> / - 2015. – 15 с.



В.А. Арутюнов

## РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ И ВОСТРЕБОВАННОСТЬ ИТОГОВ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РОССИЙСКИХ УЧЁНЫХ В ОБЛАСТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

(Российский государственный гуманитарный университет)

Современная интеллектуальная система представляет собой высокоэффективный специализированный инструментарий поддержки принятия оперативных, тактических и стратегических управленческих решений на основе оперативного предоставления всей необходимой совокупности сведений лицам, принимающим решения и ответственным за анализ состояния дел в соответствующей сфере деятельности, и принятие необходимых решений.

В наши дни активно развивается использование интеллектуальных систем для государственного сектора по следующим основным четырём направлениям.

Во-первых, интеллектуальные системы позволяют реализовать мониторинг, анализ и прогнозирование социально-экономического развития как всей страны, так и отдельных её регионов.

Во-вторых, они помогают принимать различные отраслевые решения для министерств, служб и ведомств страны (МЧС России, Федеральная антимонопольная служба и др.). Третье направление – использование их в различных ситуационных центрах (Президента Российской Федерации, Правительства Российской Федерации, правительств субъектов Российской Федерации и т.д.). Ещё одно направление их использования – работа с различными международными организациями (с Международным валютным фондом, Всемирным фондом дикой природы (WWF) и др.) [1].

Необходимо отметить, что в XXI в. в мире и в России всё в большей степени оценивают итоги работы учёных и специалистов в различных сферах науки и техники по конкретным количественным результатам, базирующимся на наукометрических показателях их научной деятельности (публикационной активности  $P$ , цитируемости  $C$  и индекса Хирша  $H$ ).

При этом в наши дни значительный интерес представляют уже не только опубликованные итоги исследований, но и востребованность  $V$  научным сообществом и специалистами результатов научной деятельности учёных по различным направлениям наук, определяемая соотношением  $C/P$ .

Некоторые итоги анализа результатов приоритетных исследований в области образования, информационной безопасности и особенности цитируемости российских учёных в ряде отраслей наук по версии РИНЦ (Российский индекс научного цитирования)[2] Научной электронной библиотеки России приводятся в работах [3-7].

В наши дни в специализированную международную систему учёта публикаций и цитирования WoS (Web of Science) вводятся данные из более 19



тыс. наиболее авторитетных научных журналов мира, а в систему Scopus - сведения о публикационной активности и цитировании учёных из 23 тыс. журналов. Необходимо отметить, что большинство журналов, представленных в WoS, приходится на Великобританию, Нидерланды и США. При этом научная периодика других стран по целому ряду причин с трудом может попасть в этот узкий круг изданий, индексируемых в WoS.

В системах WoS и Scopus лишь фрагментарно учитываются результаты исследований российских учёных, поэтому в России с 2006 г. в Научной электронной библиотеке было начато формирование национальной базы РИНЦ.

Ниже анализируется на основе данных РИНЦ динамика публикационной активности  $P$  российских учёных в 2010-2019 гг. в области интеллектуальных систем, в опубликованных работах которых находят своё отражение результаты их исследований в этой сфере, а также их цитируемость и востребованность.

На рис. 1 представлена публикационная активность и цитируемость российских учёных в области интеллектуальных систем в 2010-2019 гг. Как видно из диаграммы, наблюдается непрерывный рост публикаций вплоть до 2018 г. включительно.

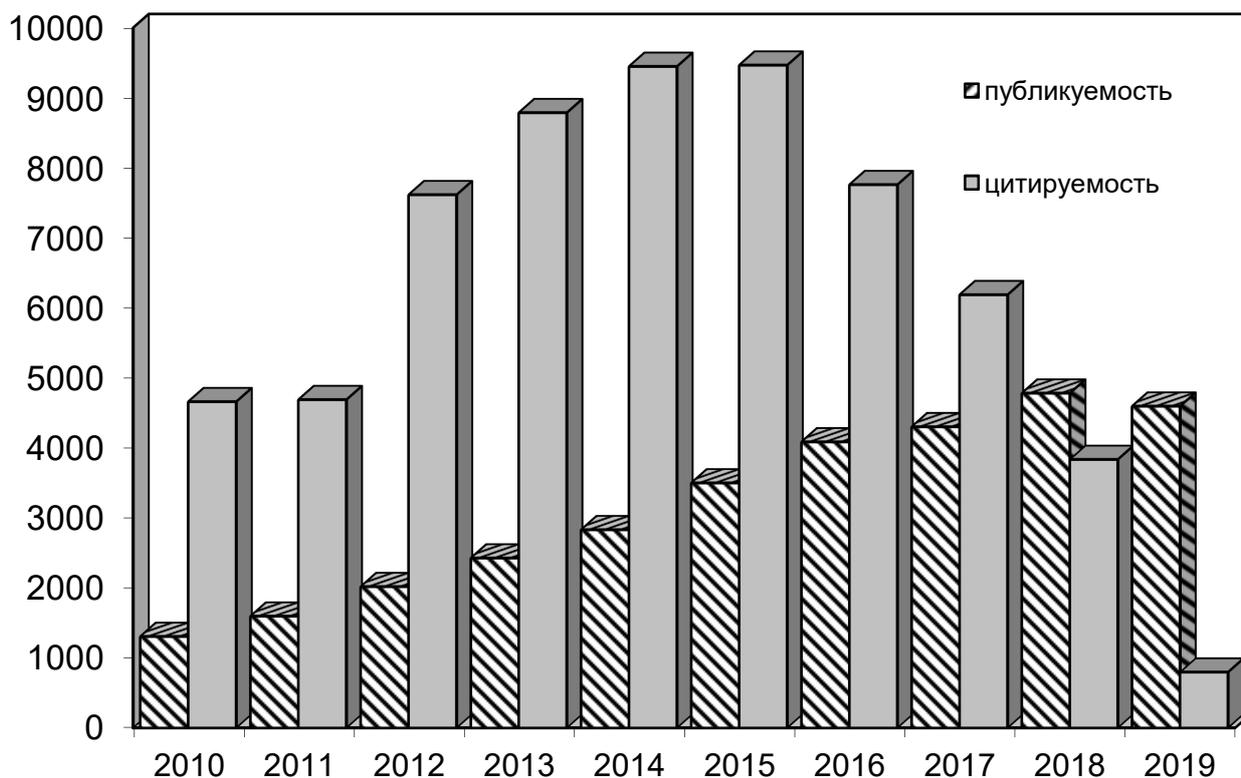


Рис. 1. Динамика публикационной активности и цитируемости российских учёных в области интеллектуальных систем



В то же время, как видно из рис 1, максимум цитируемости отмечался для 2015 г.; при этом индекс цитируемости публикаций в рассматриваемой области знаний уменьшился в 2018 г. в 2,5 раза по сравнению с максимумом. Невысокие показатели цитируемости в 2019 г. итогов исследований, отражённых в публикациях этого года, могут объясняться известной закономерностью для естественнонаучных отраслей наук: "замедленной" реакцией научного сообщества на публикации исследователей в текущем году.

Динамика востребованности итогов исследований российских учёных в области интеллектуальных систем представлена на рис. 2.

Как следует из рис. 2, востребованность итогов исследований  $V$  в этой сфере начинает снижаться после 2012 г.: в 2018 г. она уменьшилась почти в пять раз по сравнению с 2012 г. При этом резкий спад величины  $V$  наблюдался с 2015 г. (возможно, из-за кризиса 2014 г.).

Результаты исследования позволили также выявить, что высокой востребованностью отличались итоги работ по применению мультиагентных систем в интеллектуальных логистических системах, генетическим алгоритмам, интеллектуальным компьютерным обучающим системам, интеллектуальному анализу геоданных, интеллектуальным транспортным системам. Наибольшим спросом отличался специализированный сборник коллектива авторов "Индикаторы цифровой экономики: 2018".

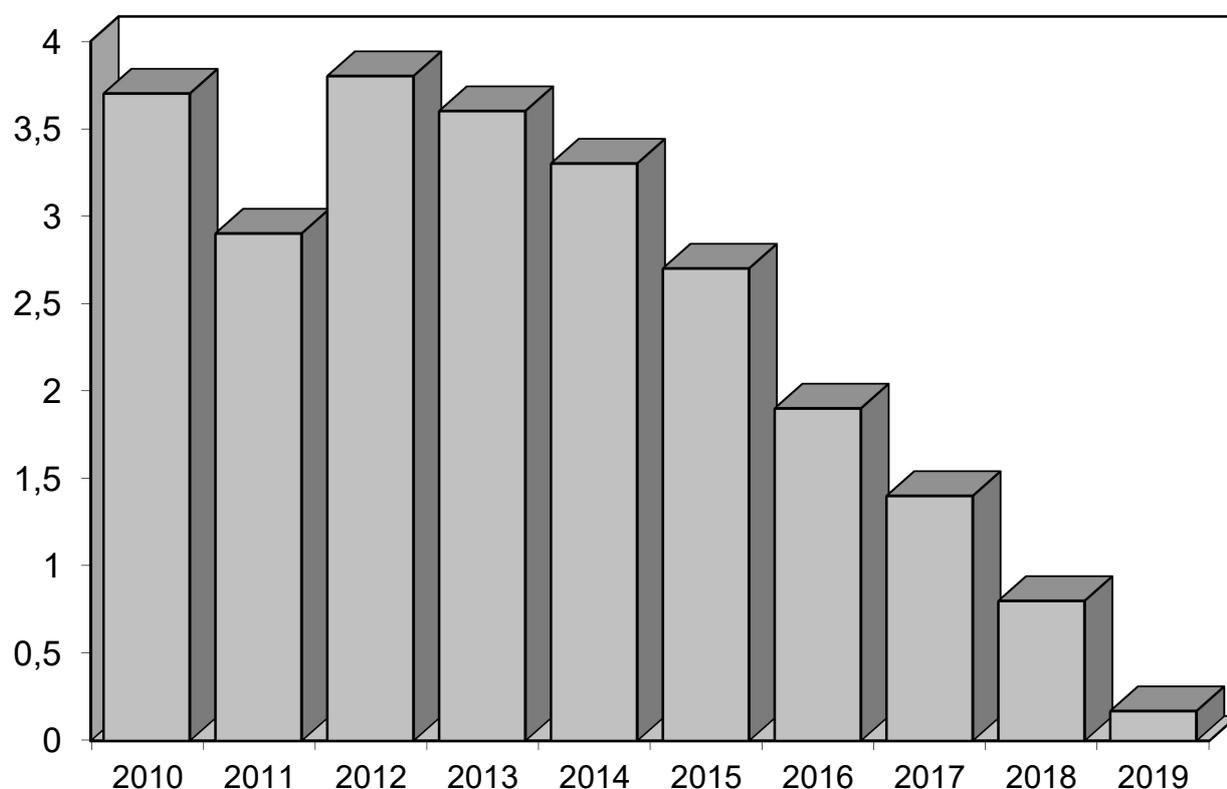


Рис. 2. Динамика востребованности итогов работ российских учёных в области интеллектуальных систем



Следует отметить также, что выявленный для множества публикаций за 10 лет по базе РИНЦ индекс Хирша для сферы интеллектуальных систем равен 62, что свидетельствует, во-первых, о том, что и в дальнейшем в этой отрасли знаний следует ожидать стабильную публикационную активность учёных и специалистов, и, во-вторых, уровень научной активности российских исследователей в данной отрасли значительно превышает минимальный порог мирового уровня научной активности исследователей, равный 16 в соответствии с рекомендациями РИНЦ [8].

### Литература

1. Рыбина Г.В. Основы построения интеллектуальных систем. М.: Финансы и статистика, ИНФРА-М, 2014. - 432 с.
2. Российский индекс научного цитирования. [Электронный ресурс] - Режим доступа: URL: <https://elibrary.ru/querybox.asp?scope=newquery> (дата обращения 20.01.2020 г.).
3. Арутюнов В.В. О некоторых результатах приоритетных исследований в области информационной безопасности // Научно-техническая информация. - Сер. 1. 2016. № 2. - С. 8 -13.
4. Арутюнов В.В. Показатели эффективности эрготехнических систем // Научные и технические библиотеки. - 2014, № 6. - С. 5-14.
5. Арутюнов В.В. Особенности рейтинга цитируемости российских учёных по версии РИНЦ // Научные и технические библиотеки. - 2015, № 5. - С. 28-43.
6. Арутюнов В.В. Результативность научной деятельности опорных вузов России // Научные и технические библиотеки. - 2018, № 3. - С. 33-43.
7. Мазов Н.А., Гуреев В.Н., Эпов М.И. Российские публикации и журналы по наукам о земле в международных базах данных // Вестник Российской академии наук. – 2015. – Т. 85. – № 1. – С. 26–31.
8. Ершова С.К. Инструкция по использованию РИНЦ. [Электронный ресурс] - Режим доступа: URL: <https://eeip.ru/about-organization/rints.html> (дата обращения: 25.01.2020).

Л.В. Болотникова, И.В.Лёзина

## РАСПОЗНАВАНИЕ РИМСКИХ ЦИФР С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННОЙ СЕТИ КОХОНЕНА

(Самарский университет)

Одной из наиболее важных задач, решаемых с применением нейронных сетей, является задача распознавания. Данный процесс может осуществляться для самых разнообразных и отличных друг от друга категорий объектов. Значительную долю из них занимают символьные значения.



В процессе изучения различных рукописных и печатных источников встаёт важный вопрос их оцифровки и перевода в другие форматы. Для этого необходимо иметь возможность как можно более точно распознавать текстовые символы.

При изучении текстовой информации из старинных источников, часто может возникнуть необходимость распознавания такой категории символов как римские цифры.

Для человеческого восприятия данная задача достаточно проста, но во время автоматизации этого процесса могут возникнуть сложности. Если обратиться к виду начертания римских цифр, то можно заметить, что числа даже в промежутке от 1 до 10 состоят из одних и тех же символов.

Для решения задачи распознавания римских цифр была выбрана нейронная сеть Кохонена.

Нейронные сети Кохонена — отдельный вид нейронных сетей, который используется для решения разнообразных задач классификации и связанных с ними [1].

Применение нейронных сетей Кохонена к задачам классификации требует некоторой формализации. Каждый из объектов, требующих классификации, представляется в виде некоторого вектора, идущего на вход нейронной сети. Размер входного вектора совпадает с количеством нейронов во входном слое. Размер выходного вектора равен количеству классов, на которые будут разделяться подаваемые на вход данные. Отсюда следует, что каждому нейрону в выходном слое соответствует свой класс. Выдаваемые на выходе сети значения показывают близость поданного на вход сети вектора к одному из классов [2].

Для обучения нейронной сети был выбран Алгоритм WTA (Winner Takes All - победитель получает все) [3].

Согласно алгоритму, расчёт активности каждого нейрона происходит после предъявления вектора  $x$ . Нейрон становится победителем, если он имеет самый сильный выходной сигнал, и его скалярное произведение наибольшее. В случае если вектора нормализованные, данное скалярное произведение равнозначно наименьшему эвклидову расстоянию между входным вектором и вектором весов нейронов. Нейрон, являющийся победителем, получает возможность уточнить свои веса в направлении вектора  $x$  согласно правилу [4].

$$w_w \leftarrow w_w + \eta(x - w_w)$$

Веса других нейронов не модифицируются.

Была смоделирована нейронная сеть Кохонена и выполнена её программная реализация на языке Java. В процессе разработки использовалась IDE IntelliJ IDEA.

Кроме реализации нейронной сети, был также создан генератор «зашумлённых» образов входных векторов, с предусмотренной в нём возможностью регулировать «количество» шумов. С его помощью можно создать из входных эталонных образов любое количество входных векторов для проведения обучения и последующего тестирования работы нейронной сети.



Для проведения экспериментов были созданы эталонные образы 10 римских цифр: I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X

Для обучений нейронной сети были сформированы несколько обучающих выборок:

Выборка №1: 100 входных векторов, образованных от каждой эталонной цифры. В сумме 1000.

Выборка №2: 500 входных векторов, образованных от каждой эталонной цифры. В сумме 5000.

Выборка №3: 1000 входных векторов, образованных от каждой эталонной цифры. В сумме 10000.

И также была сформирована одна тестовая выборка: 100 входных векторов, образованных от каждой эталонной цифры. В сумме 10000.

Результаты распознавания тестовой выборки представлены в таблице 1.

Исходя из результатов проведённых экспериментов, можно сделать вывод о том, что программа распознавания образов римских цифр, основанная на нейронной сети Кохонена эффективно справляется со своей задачей. Кроме того, была выявлена зависимость точности распознавания образов сетью от размера обучающей выборки.

Таблица 1. Результаты проведённых экспериментов.

Цифра	Выборка №1	Выборка №2	Выборка №3
I	80%	85%	95%
II	91%	95%	97%
III	80%	90%	94%
IV	82%	85%	96%
V	90%	91%	97%
VI	90%	97%	98%
VII	89%	90%	98%
VIII	90%	95%	96%
IX	93%	96%	97%
X	48%	59%	83%
Общий %	83,3%	88,3%	95,1%

Эксперимент также показал, что наиболее подвержены ошибкам распознавания римские цифры I и X, что возможно объясняется тем что большинство из рассматриваемой категории символов состоит из одних и тех же элементов.

### Литература

1. <http://www.aiportal.ru/articles/neural-networks/network-kohonen.html> [Электронный ресурс].
2. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс [Текст]/С. Хайкин. – М.: ООО “И. Д. Вильямс”. 2006. – 1104 с



3. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации [Текст] / Осовский С.: Пер. с польского И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с..

4. Солдатова, О.П. Основы нейроинформатики [Текст] : учеб. пособие / О.П. Солдатова. – Самара: Изд-во Самар, гос. аэрокосм, ун-та, 2006. – 132 с. : ил.– ISBN 5-7883-0467-9.

Р. Р. Вафин, Р. В. Насыров

## ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА АЛГОРИТМА СИНТАКСИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ НЕПРОЕКТИВНОГО ДЕРЕВА

(Уфимский государственный авиационный технический университет)

В настоящее время задача извлечения информации из текста на естественном языке является актуальной во многих сферах. Например, в медицине извлечение информации применяется для задач анализа текста медицинских выписок, историй болезни, формализации различных медицинских документов, например клинических рекомендаций.

С точки зрения лингвистического подхода извлечение информации состоит из нескольких этапов: лексический, морфологический, синтаксический и семантический анализ [1]. Для текстов на русском языке первые два этапа не представляют собой сложности, так как существующие инструменты позволяют с довольно большой точностью проводить лексический и морфологический анализ.

Существенная проблема встречается на этапе синтаксического анализа. Синтаксический анализ это построение грамматической структуры предложения и выявление синтаксических связей между словами в предложении [2]. Синтаксический анализатор должен построить синтаксическую структуру предложения. В автоматическом синтаксическом анализе, как правило, применяют синтаксические деревья, которые отражают структуру и/или связи в предложении.

В данной работе ставится задача разбора и сравнения методов синтаксического анализа предложений для определения наиболее подходящих из них в качестве инструмента анализа предложений на русском языке.

Существуют два наиболее распространенных подхода к отражению синтаксической структуры предложения: деревья непосредственно составляющих и деревья зависимостей.

Дерево непосредственно составляющих состоит из нетерминальных символов (различных групп, например именная, предложная, глагольная т.д.) и терминальных символов, самих слов предложения. Для построения деревьев такого типа преимущественно используются алгоритмы, основанные на формальной грамматике, в частности на контекстно-свободных грамматиках Хомского. Существенным ограничением является то, что дерево составляющих



не может отразить связи между словами в разных частях предложения. С точки зрения формальной грамматики, это полученное дерево является проективным.

В русском языке доля непроективных деревьев довольно высока, поэтому деревья непосредственно составляющих не могут в полной мере отразить структуру предложения. Для этой цели могут применяться деревья зависимостей. Деревья зависимостей, в отличие от деревьев непосредственно составляющих, состоят только из терминальных символов, а дуги между вершинами имеют тип связи (объект, субъект и т.д.). Данный подход позволяет выявить зависимости между различными парами слов в предложении. В общем случае дерево зависимостей может быть как проективным, так и непроективным.

Один из распространенных классов алгоритмов анализа являются алгоритмы, основанные на переходах (англ. transition-based). Данные алгоритмы основаны на предсказании последовательности переходов, которые позволяют привести исходное состояние системы в конечное состояние, создавая синтаксическое дерево.

В общем случае система переходов это множество  $S = (C, T, c_s, C_t)$ , где  $C$  – это множество состояний, состоящих, как минимум, из буфера оставшихся вершин  $\beta$  и множество дуг зависимостей  $A$

$T$  – это множество переходов, каждый из которых является функцией, которая получает на вход состояние системы и возвращает новое состояние  $t: C \rightarrow C$

$c_s$  – это функция инициализации, которая отображает множество слов в предложении,  $x = (w_0, w_1, \dots, w_n)$  на множество вершин  $\beta = [1, \dots, n]$ , где каждая вершина это вектор признаков слова (часть речи, число, род и т.д.)

$C_t \subseteq C$  – это множество конечных состояний [5].

Синтаксический анализ начинается с формирования начального состояния, после чего начальное состояние последовательно преобразуется путем применения к нему последовательности переходов. Каждый переход меняет состояние системы, пока не будет достигнуто конечное состояние. При достижении конечного состояния в множестве дуг  $A$  будет содержаться построенное дерево зависимостей для исходного предложения.

Определение последовательности переходов осуществляется при помощи оракула - функции, которая принимает на вход состояние системы и возвращает функцию перехода  $o: C \rightarrow T$ . В общем случае оракул является черным ящиком и может представлять собой нейронную сеть [6], машину опорных векторов [5] и т.д.

Для обучения оракула производится подготовка обучающей выборки из исходного банка деревьев (англ. treebank) который состоит из пар предложений и соответствующих им деревьев. Слова обрабатываются в таком же порядке, как и алгоритм парсера, и на каждом шаге определяется действие, которое бы



привело к построению дерева из обучающей выборки. Полученный набор признаков и примененных переходов используется для обучения оракула.

Основное различие алгоритмов, основанных на переходах, состоит в разных определениях состояния системы и различных множествах переходов. Оракулы, как правило, не рассматриваются в рамках самого алгоритма, а рассматриваются в рамках метода анализа, который является совокупностью системы переходов и конкретной реализации оракула, иногда с конкретной обученной моделью.

В зависимости от реализации состояния, системы делятся на основанные на стеке (stack-based) и основанные на списках (list-based). В системах основанных на стеке состояние является множеством состоящим из входного буфера, промежуточного стека и множества дуг зависимостей. Данные системы позволяют строить только проективные деревья [5]. В системах основанных на списках вместо одного промежуточного стека используются два списка, а также позволяют строить как проективные, так и непроективные деревья.

Другой подход к построению деревьев зависимостей это графовый (англ. graph-based). В рамках данного подхода строится некоторая модель, которая позволяет количественно оценивать различные деревья (графы) для предложения.

Приведем пример модели [10].

$$\text{score\_tree}(y) = \sum_{(i,j) \in y} \text{score}(i,j) \quad (1)$$

Здесь  $Y$  – граф зависимостей;  $(i,j)$  – ориентированная дуга графа  $Y: (i,j) \in Y$ , обозначающая синтаксическую зависимость.

Обычно вес дуги задается линейной функцией:

$$\text{score}(i,j) = \vec{w} \cdot f(i,j) \quad (2)$$

Здесь  $\vec{w}$  – вектор весов признаков – параметр модели;  $f(i,j)$  – функция получения вектора признаков дуги  $(i,j)$ .

Пусть имеется предложение  $s$  и пусть  $Y(s)$  – множество всех деревьев, которые можно построить на предложении  $s$ . Задачу синтаксического анализа в введенных терминах можно записать следующим образом:

$$\text{parse}(s) = \underset{y \in Y(s)}{\text{arg max}} (\text{score\_tree}(y, \vec{w})) \quad (3)$$

Сложность данного алгоритма  $O(n^3)$ .

Другим примером графового алгоритма является алгоритм максимального остовного дерева (англ. Maximum Spanning Tree (MST)) [8]. В начале строится полносвязный граф и веса всех дуг задаются формулой (2). Для нахождения дерева с максимальным суммарным весом используется алгоритм Chu-Liu-Edmonds [11, 12] для нахождения максимального остовного ориентированного дерева (англ. maximum spanning tree in directed graphs). Данный алгоритм имеет квадратичную сложность  $O(n^2)$ .



Рассмотрим различные реализации приведенных алгоритмов. Критериями сравнения алгоритмов построения дерева зависимостей являются возможность построения непроективных деревьев, сложность алгоритма. Результаты анализа показаны в таблице 1.

В результате анализа приведенных алгоритмов было выявлено, что временная сложность алгоритмов основанных на переходах линейна либо квадратична, но умножается на сложность оракула, который в зависимости от реализации может иметь довольно высокую сложность. Сложность графовых алгоритмов выше, и является квадратичной и кубической. Для русского языка, как языка с довольно высоким процентом приложений со свободным порядком слов наиболее подходящими алгоритмами являются Covington non-projective [9], Planar[7] и графовый алгоритм Ryan McDonald[8]. В зависимости от сложности выбранного оракула наиболее быстрым может быть либо второй либо третий алгоритм.

Таблица 1. Сравнение алгоритмов синтаксического анализа

Алгоритм	Метод построения дерева	Сложность (n – число лексем, oracle – сложность оракула)	Построение непроективного дерева
Nivre arc-eager [4,5]	transition-based	$O(n \cdot \text{oracle})$	-
Nivre arc-standard [5]	transition-based	$O(n \cdot \text{oracle})$	-
Covington non-projective [9]	transition-based	$O(n^2 \cdot \text{oracle})$	+
Covington projective [9]	transition-based	$O(n^2 \cdot \text{oracle})$	-
Planar (implemented by Carlos Gómez-Rodríguez) [7]	transition-based	$O(n \cdot \text{oracle})$	+
Graph based parsing by Ryan McDonald using Spanning Tree Algorithm Chu-Liu-Edmonds [8]	graph-based	$O(n^2)$	+
Jason Eisner's parse algorithm [13]	graph-based	$O(n^3)$	-

Существуют существенные ограничения, связанные с синтаксической омонимией, которые невозможно решить только при помощи синтаксического анализа, и для повышения точности анализа необходимо применять гибридные методы анализа, например синтаксически-семантический анализ [10] или глубокий синтаксический анализ [3].



## Литература

1. Большакова Е.И. Автоматическая обработка текстов на естественном языке и анализ данных : учеб. пособие / Большакова Е.И., Воронцов К.В., Ефремова Н.Э. – М.: Изд-во НИУ ВШЭ, 2017 – 269 с.
2. Анисимов А. В., Марченко А. А. Система обработки текстов на естественном языке //Искусственный интеллект. – 2002. – №. 4. – С. 157-163.
3. Попов А. М., Протопопова Е. В., Букия Г. Т. Ещё раз о способах снятия структурной омонимии: выбор единственной структуры в парсере Nirma //Труды объединённой научной конференции" Интернет и современное общество". – 2016. – С. 65-73.
4. Goldberg Y., Nivre J. A dynamic oracle for arc-eager dependency parsing //Proceedings of COLING 2012. – 2012. – С. 959-976.
5. Nivre J. Algorithms for deterministic incremental dependency parsing //Computational Linguistics. – 2008. – Т. 34. – №. 4. – С. 513-553.
6. Parsing Universal Dependency Treebanks using Neural Networks and Search-Based Oracle Milan Straka
7. Gómez-Rodríguez C., Nivre J. A transition-based parser for 2-planar dependency structures //Proceedings of the 48th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics. – Association for Computational Linguistics, 2010. – С. 1492-1501.
8. McDonald R. et al. Non-projective dependency parsing using spanning tree algorithms //Proceedings of the conference on Human Language Technology and Empirical Methods in Natural Language Processing. – Association for Computational Linguistics, 2005. – С. 523-530.
9. Covington M. A. A fundamental algorithm for dependency parsing //Proceedings of the 39th annual ACM southeast conference. – 2001. – С. 95-102.
10. Шелманов А. О. Исследование методов автоматического анализа текстов и разработка интегрированной системы семантико-синтаксического анализа //дисс. канд. техн. наук. – 2015. – Т. 5. – С. 17.
11. Edmonds J. Optimum branchings //Journal of Research of the national Bureau of Standards B. – 1967. – Т. 71. – №. 4. – С. 233-240.
12. Chu Y. J., Liu T. H. On the Shortest Arborescence of a Directed Graph // Science Sinica. – 1965. – Т. 14. – С. 1396-1400.
13. Eisner J. Bilexical grammars and their cubic-time parsing algorithms //Advances in probabilistic and other parsing technologies. – Springer, Dordrecht, 2000. – С. 29-61.



О.К. Головнин, А.А. Альгашева

## АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ВИДЕОАНАЛИТИКИ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ НА СЛОЖНОМ ДИНАМИЧЕСКОМ ФОНЕ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ В ОТРАСЛИ РОЗНИЧНОЙ ТОРГОВЛИ

(Самарский университет, Университет ИТМО)

Ежедневно нарастает борьба розничных сетей за покупателя, поскольку разнообразие рынка, порождаемое конкуренцией, делает потребителей более требовательными при выборе продукции и места ее приобретения [1]. Возникает потребность улучшения качества торгового сервиса, связанная с необходимостью контролировать и анализировать каждый бизнес-процесс предприятия, так как постоянный рост объемов ритейла приводит к расширению торговых площадей, что снижает эффективность ручного контроля качества на торговых точках [2, 3]. Решение данной проблемы можно найти среди технологий машинного зрения и видеоаналитики, позволяющих осуществлять контроль за наличием товара, правильностью его выкладки на полке и содержимым ценников, выполнять оценку спроса на товар путем анализа наполненности полок на видеозаписи [4, 5]. По существующим оценкам, рынок технологий видеоаналитики стремительно растет, ежедневно повышая требования к качеству и скорости обработки [6].

Таким образом, целью настоящей работы является анализ технологий видеоаналитики, применимых для отрасли розничной торговли, позволяющих повысить качество и скорость обработки видеозаписей при обнаружении объектов на сложном динамическом фоне.

Современные технологии позволяют с высокой точностью и с минимальными трудозатратами вычислять объекты на простом фоне на видеозаписи в высоком разрешении и с достаточной контрастностью фона и объекта [7]. Однако, при обнаружении объекта и слежении за ним могут возникнуть такие проблемы, как изменение угла наклона, яркости и масштабируемости объекта, его заслонение предметами, возникновение шумов на изображении [8]. То есть технологии обнаружения объектов в условиях сложного динамического фона не развиты в достаточной степени [9, 10]. Существуют различные технологии выделения объекта в видеоаналитике [11]: детерминированные, вероятностные и нейросетевые. Они различаются как принципом действия, так и применимостью в той или иной задаче. Выполним анализ применимости указанных технологий для типовых задач сетевого ритейла. Детерминированные подходы применяются для обнаружения объектов с постоянными признаками, например, когда требуется обнаружить графические примитивы (треугольник, ромб, окружность и др.). Они имеют ряд недостатков, а именно: обладают вычислительной сложностью; не устойчивы к искажениям дескрипторов объектов; обнаружение объекта сильно зависит от фона. Вероятностные подходы применяются в случаях, когда требуется



предсказать состояние объекта в будущем. Это класс технологий устойчив к изменению характеристик объекта и к зашумлению кадра, однако они не обладают самостоятельностью и применяются для повышения устойчивости основной технологии определения объекта. В нейросетевых подходах применяются искусственные нейронные сети различного вида. Технологии этого класса более универсальны, поскольку нейронная сеть применима к объектам с изменяющимися и неизменяющимися признаками. Главное требование их применения – нейронную сеть необходимо обучать для каждого типа задач, что требует определенных наборов данных для обучения. В настоящее время, такие наборы данных сформированы и доступны для использования; они охватывают все задачи, решаемые в отрасли розничной торговли.

Таким образом, в результате проведенного анализа можно сделать вывод о том, что рациональным вариантом для решения задач видеоаналитики в сетевом ритейле выступит гибридная схема, в основе которой лежит одна из технологий нейронных сетей в комбинации с вероятностными способами постобработки информации.

### Литература

- 1 О цифровизации современного ритейла / Ж.П. Шнорр // Развитие сферы услуг: стратегии, инновации, компетенции. – 2019. – С. 282-286.
- 2 Рекурсивная декомпозиция в бирже больших данных на примере анализа покупательской активности пользователей социальных сетей / А.В. Иващенко, А.А. Столбова / Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2019. – № 4(32). – С. 5-15.
- 3 Информационные технологии для розничных торговых предприятий / О.А. Косарева // Вестник Академии. – 2019. – № 2. – С. 28-39.
- 4 Автоматизированная система формирования облака особых точек видеозаписей / С.Н. Ермаков, А.И. Бугаков, Л.С. Зеленко, О.К. Головнин // ИТ & Транспорт: сб. науч. статей. – Самара : НПЦ ИТС, 2015.– С. 123–132.
- 5 Тренды развития видеоаналитики в мире / Е.А. Архипова, Н.А. Алексеев // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2020. – №1-2.
- 6 Inkwood Research. URL: <https://www.inkwoodresearch.com>.
- 7 Видеоаналитика: мифы и реальность / Т. Анштедт, И. Келлер, Х. Лутц. – М.: Секьюрити Фокус, 2012. – 176 с.
- 8 Распознавание образов.  
URL: [https://ru.bmstu.wiki/Распознавание\\_образов](https://ru.bmstu.wiki/Распознавание_образов).
- 9 Метод обнаружения движущихся объектов на сложном динамическом фоне в оптическом диапазоне / Э.Г. Теплицкий, С.М. Захаров, М.А. Митрохин // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2016. – №4 (40).
- 10 Обнаружение подвижных объектов на подвижном фоне / Г.В. Левко, А.В. Морозов // Телевидение: передача и обработка изображений. – 2016. – Т. 1.



– С. 73-75.

11 Методы вторичной обработки и распознавания изображений / А.А. Тропченко, А.Ю. Тропченко – СПб: Университет ИТМО, 2015. – 215 с.

О.К. Головнин, К.Ю. Мокшин

## СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ РЕСТОРАННЫМ БИЗНЕСОМ НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО НЕЙРОСЕТЕВОГО ЯДРА

(Самарский университет)

Внедрение передовых методик автоматизации работы предприятий сферы обслуживания становится необходимым для удовлетворения потребностей клиентов и высокого уровня предоставления сервиса [1, 2]. Так, в ресторанном бизнесе автоматизированные системы могут обеспечить контроль пригодности продуктов на складе, оценить количество аллергенов в меню, а также содействовать потребителю при выборе блюд [3, 4]. Проводимые научные исследования и практические разработки, главным образом, направлены на создание универсальных систем управления ресторанами, например, можно отметить систему формирования индивидуального меню для посетителей в зависимости от их вкусовых предпочтений Foody [5], систему самостоятельного заказа (патент [6]), а так же набор инструментов по визуализации меню (описана в [7]). Однако, вопросы разработки систем для ресторанного бизнеса, которые будут учитывать творческий аспект профессии, остаются недостаточно проработанными.

В работе предложена концепция построения интеллектуальной системы поддержки принятия решений для управления ресторанным бизнесом, которая предоставляет следующие функциональные возможности, выполненные на основе интеллектуального нейросетевого ядра:

- составление сезонного меню по входным параметрам пользователя;
- контроль продуктов на складе;
- проверка ингредиентов меню на аллергены;
- формирование заявки с недостающими ингредиентами поставщикам.

Функционал системы для конечного пользователя приведен на рисунке 1 в виде диаграммы вариантов использования. Принцип составления меню заключается в формировании пользователем ограничений для условий работы нейросетевого ядра при поиске различных вариаций блюд. В роли подобных ограничений может выступать как необходимое наличие определённых ингредиентов, так и условие их отсутствия. Параметры ограничений настраиваются пользователем. Сформированные условия составления меню направляются нейросетевому ядру, которое, в свою очередь, обращается к



различным вариантам существующих блюд и спискам необходимых ингредиентов. Ингредиенты, входящие в итоговый вариант меню, проверяются на количество аллергенов. Конечный результат предоставляется пользователю в удобном виде.

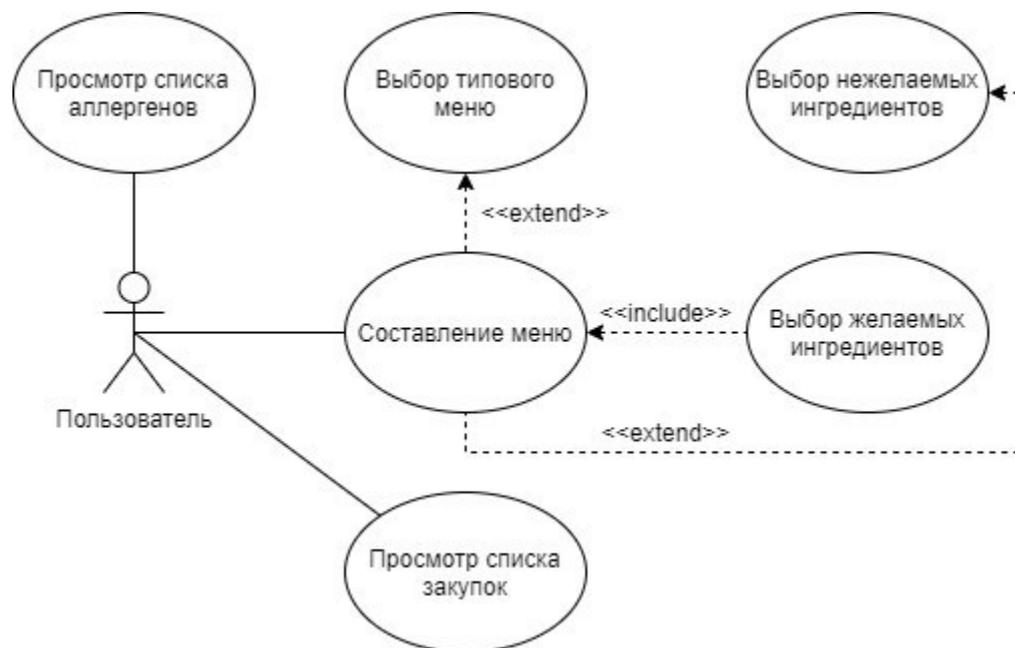


Рис. 1. Варианты использования системы

В качестве модели нейронной сети в ядре используется многослойный перцептрон. На слой входных параметров ядра подаются ингредиенты, заданные пользователем. Далее осуществляется попарная проверка сочетаемости ингредиентов. Кроме этого, определяется принадлежность продуктов конкретному типу блюда (например, десерт, горячее). После получения конечных комбинаций происходит обращение к сформированному перечню блюд, в котором осуществляется поиск готовых вариантов с указанными сочетаниями продуктов. Затем осуществляется проверка полученных блюд с результатами, полученными ранее. Этот шаг обязателен для отсекаания повторов при многократном использовании нейронной сети.

В качестве алгоритма обучения нейронной сети использован алгоритм обучения с учителем с использованием двойных классификаторов. Для тестирования построенной нейронной сети использовались как синтетические, так и реальные данные.

С помощью синтетических данных, подаваемых на вход, достигнута стандартизация и упрощение. Например, подготовлены наборы входных продуктов, собранных по критерию кухни определённой географической принадлежности (например, итальянская, французская). Однако, в дальнейшем для правильной сборки блюд необходимо обеспечить ряд готовых наборов работы нейронной сети, что позволит повысить управляемость системы, изучить изменение отклика на те или иные входные синтетические параметры.

Для обеспечения «творческой свободы» системы проведен ряд тестов с



реальными данными, что позволило выявить сильные и слабые стороны нейронной сети при работе с реальными объёмами данных и непредсказуемостью запросов пользователей.

Исследования предложенного нейросетевого ядра проведены с одновременным сравнением с доступными программами-аналогами. Выяснено, что на данный момент не существует интеллектуальной системы, предоставляющей столь же широкий функционал, построенный с учетом вариативности и неединственности решений («элементы творчества»).

Тем самым, предложенная интеллектуальная система поддержки принятия решений позволяет выполнять творческое задание по подготовке меню и последующий контроль аллергенов и продуктов на складе, а также формирует список продуктов, необходимых для закупки, без участия ресторанный специалиста.

Дальнейшее развитие системы видится в разделении вариантов работы нейросетевого ядра в зависимости от указанной пользователем энергетической ценности меню, например, автоматический выбор продуктов в зависимости от их калоража и энергетической ценности конечного блюда, а не только от входного набора ингредиентов, что позволит расширить возможности системы.

### Литература

1 Spatial Clustering Based on Analysis of Big Data in Digital Marketing / A. Ivaschenko, A. Stolbova, O. Golovnin // Communications in Computer and Information Science. – 2019. – Vol. 1093 – P. 335–347.

2 Автоматизированная система управления контентом гостиничных комплексов / О.К. Головнин, А.Ф. Макаров // IT & Транспорт: сб. науч. статей. – Самара: НПЦ ИТС, 2014. – С. 28-33.

3 Инструменты автоматизации предприятий общественного питания / Е.Д. Кучина, Н.Э. Бунина // Новая наука: Опыт, традиции, инновации. – 2015. – № 7-2. – С. 116-118.

4 Современный уровень информационной инфраструктуры в управлении ресторанным бизнесом / Н.В. Мордовченков, И.Ю. Попова // Вестник НГИЭИ. – 2016. – № 5 (60).

5 Foody-Smart Restaurant Management and Ordering System / V. Liyanage [et al.] // 2018 IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference. – IEEE, 2018. – P. 1-6.

6 Mobile restaurant ordering system [Электронный ресурс] // URL: <https://patents.google.com/patent/US10109026B2/en>.

7 Web Application for Restaurant Management [Электронный ресурс] // URL: <https://eg.uc.pt/handle/10316/88081?locale=en>.



Л.А. Городецкая, А.В. Гайдель

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КУРСА АКЦИЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

(Самарский университет)

Прогнозирование цен на акции изучается во многих сферах и является актуальной проблемой, например, в трейдинге, программировании, финансах и статистике. Возможность предсказывать цены на финансовых рынках и возможность прогнозирования доходности интересуют и теоретиков, и практиков. Такие предсказания применяются для уменьшения риска и получения максимальной прибыли. Они производятся на основе исторической рыночной информации. Методология регрессионного анализа - ценный, универсальный исследовательский инструмент.

Существуют два основных метода для прогнозирования цен акций: фундаментальный и технический анализ. Второй используется при применении методов машинного обучения. Регрессионный анализ старается прогнозировать дальнейшие события путём анализа предыдущего опыта, находя неявные связи в исходных данных. Он улучшает аналитическую поддержку принятия решений и повышает их обоснованность. Линейная регрессия – одна из важнейших и широко используемых техник регрессии. Её достоинством является лёгкость интерпретации результатов.

В основе линейной регрессии лежит использование динамических рядов. Проблематика их использования для прогнозных расчетов достаточно широко освещена в современной литературе [1, 2, 3, 4 и др.] Однако исследование временных рядов в финансовой сфере имеет свои особенности. В частности, как справедливо отмечается в работе [7], финансовым временным рядам свойственны шум и нестационарность.

**Целью работы** является создание алгоритмов, основанных на анализе финансовых временных рядов и методов линейной регрессии, для прогнозирования курсов акций.

В качестве информационной базы анализа были использованы данные сервиса `finance.yahoo.com`. Мы предсказывали данные за 2019 год с помощью линейной регрессии, строя предсказание по пяти предыдущим дням, а потом сравнивали их с реальными данными и находили для них MAE (Mean Absolute Error), MSE (Root Mean Squared Error),  $R^2$  (R Squared using built-in function). Для создания моделей мы использовали язык программирования Python и библиотеку `sklearn`.

В первой модели мы в качестве параметра  $X$  берём номера дней, по которым делается предсказание, а в качестве  $Y$  – цену в эти дни. Результат работы программы иллюстрирует таблица 1 и рисунок 1.



Таблица 1 – Результаты работы первой модели для акций  
различных компаний

Компания	Тикер	Число дней	R <sup>2</sup>	MAE	MSE
Tesla	TSLA	5	0.933	9.851	13.581
Apple	AAPL	5	0.980	3.667	4.713
Intel	INTC	5	0.911	0.967	1.289
IBM	IBM	5	0.787	1.880	2.529
AMD	AMD	5	0.933	1.084	1.480

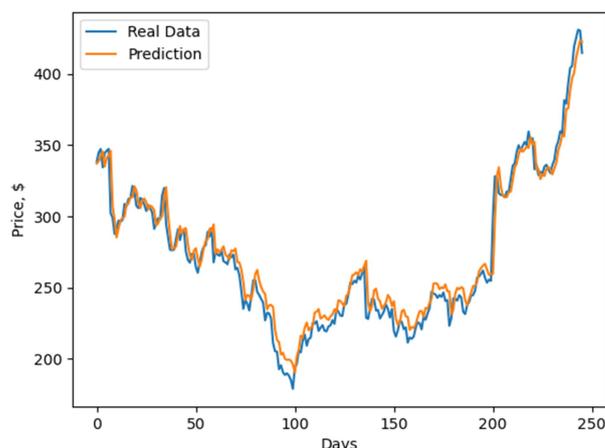


Рис. 1. Предсказание курса акций компании Тесла, полученное с помощью программы, восстанавливающей линию тренда

Далее мы решили использовать более сложную модель. В этой «умной» модели в качестве параметра X берём массив цен закрытия за дни, по которым мы предсказываем, в качестве Y – цену закрытия на следующий день. Результат работы этой программы можно увидеть в таблице 2 и на рисунке 2.

Таблица 2 – Результаты работы второй модели для акций  
различных компаний

Компания	Тикер	Число дней	R <sup>2</sup>	MAE	MSE
Tesla	TSLA	5	0.962	7.550	10.098
Apple	AAPL	5	0.991	2.365	3.167
Intel	INTC	5	0.959	0.641	0.879
IBM	IBM	5	0.899	1.197	1.745
AMD	AMD	5	0.972	0.681	0.950

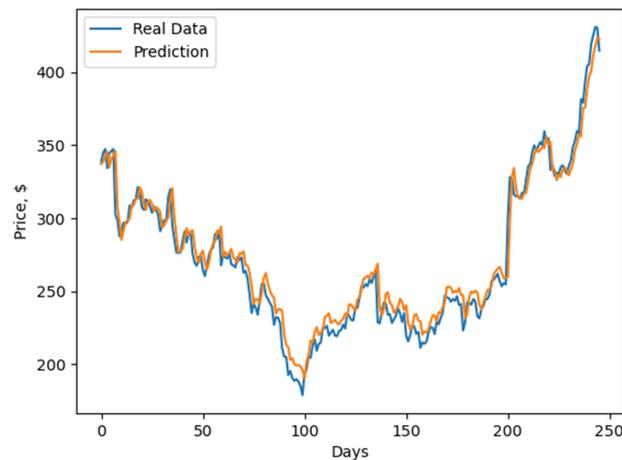


Рис. 2. Предсказание курса акций компании Тесла, полученное с помощью «умной» модели

Таким образом, можно заметить, что «умная» линейная регрессия работает лучше, чем та, которая просто восстанавливает линию тренда.

Также мы варьировали количество дней, которые мы используем для предсказания, анализировали, как от этого изменяется качество прогноза. Рисунок 3 и рисунок 4 иллюстрируют эти изменения для первой и второй модели соответственно.

В таблицах 3 и 4 можно увидеть оптимальное количество дней для предсказания для различных компаний.

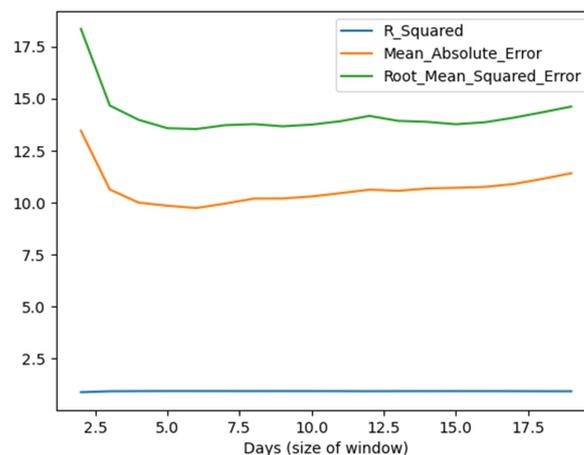


Рис. 3. Изменение качества предсказания первой модели для акций Тесла в зависимости от количества дней, которые берём для прогноза

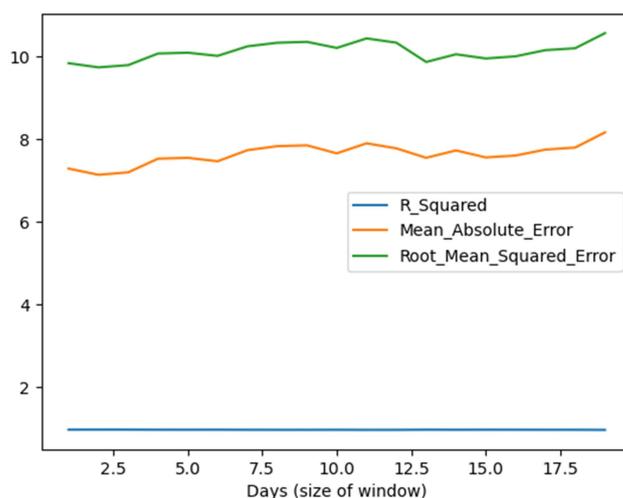


Рис. 4. Изменение качества предсказания второй модели для акций Тесла в зависимости от количества дней, которые берём для прогноза

Таблица 3 – Оптимальное количество дней для предсказания по первой модели для акций различных компаний

Компания	Тикер	R <sup>2</sup>	MAE	MSE
Tesla	TSLA	6	6	6
Apple	AAPL	8	9	8
Intel	INTC	5	5	5
IBM	IBM	5	6	6
AMD	AMD	11	11	14

Таблица 4 – Оптимальное количество дней для предсказания по первой модели для акций различных компаний

Компания	Тикер	R <sup>2</sup>	MAE	MSE
Tesla	TSLA	2	2	2
Apple	AAPL	3	6	3
Intel	INTC	4	4	4
IBM	IBM	1	15	15
AMD	AMD	3	4	4

В работе было рассмотрено использование экономико-статистических методов при анализе и прогнозировании на финансовых рынках. Решены две задачи с использованием алгоритмов линейной регрессии. В первой модели в качестве параметра X берутся номера дней, по которым делается предсказание, во второй – массивы цен закрытия по тем дням, по которым осуществлялся



прогноз (в данном исследовании берутся массивы из пяти дней). Мы сделали вывод, что вторая модель делает более точные предсказания котировок для всех рассмотренных акций. Эта модель делает более качественный прогноз. Например, стоимость акций компании Intel в среднем предсказывается с ошибкой в 0,64 \$. Также мы определили оптимальное количество дней для предсказания с помощью обеих моделей котировок некоторых компаний. Так например, для компании Intel оптимальный размер окна (size window) составил 5 дней для первой модели и 4 дня для второй.

### **Литература**

1. Афанасьев В.Н., Юзбашев М.М. Анализ временных рядов и прогнозирование: Учебник. — М.: Финансы и статистика, 2001.
2. Анализ временных рядов. Учебно-методическое пособие. Белгород 2017 / Составители: Ерина Т.А., Кузьмичева Т.Г.
3. Кизбикенов, К. О. Прогнозирование и временные ряды [Электронный ресурс] : учебное пособие / К. О. Кизбикенов. – Барнаул : АлтГПУ, 2017.
4. Карпенко Н.В. Эконометрика. Анализ и прогнозирование временного ряда: Учебное пособие. – М.: РУТ (МИИТ), 2018
5. Omer Berat Sezera, M. Ugur Gudeleka, Ahmet Murat Ozbayoglu/ Financial Time Series Forecasting with Deep Learning : A Systematic Literature Review: 2005-2019
6. Imad Bou-Hamad, Ibrahim Jamali/ Forecasting Financial Time-Series Using Data Mining Models: A Simulation Study
7. Chi-Jie Lu, Tian-Shyug Lee, Chih-Chou Chiuc/ Financial time series forecasting using independent component analysis and support vector regression

Е.В. Гурлина

## **РАЗРАБОТКА МЕТОДА ВЫЯВЛЕНИЯ ТЕКСТУРНЫХ СВОЙСТВ ЗАДАННЫХ КЛАССОВ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИЗНАКОВ ХАРАЛИКА**

(Самарский университет)

### **Введение**

Текстура – важное составляющее для визуального восприятия человека. Это особенность, которую следует учитывать при обращениях к хранилищам изображений.

Для описания текстуры ввели понятие текстурных признаков. Их вычислениям занимался Роберт М. Харалик, который в 1973 году придумал метод, основанный на составлении специальных матриц.



Работа посвящена созданию метода для извлечения текстурных свойств заданных классов изображений. Основной вывод заключается в оценке характеристики за счёт вычисления и ранжирования текстурных признаков.

### **Метод выявления текстурных свойств заданных классов изображений**

Метод выявления текстурных свойств можно разбить на следующие этапы:

1. Выбор исходных данных.
  - а) Составление набора данных и разделение его по классам.
  - б) Выявление признаков, различающих элементы заданного класса от остальных, но не различающих элементы одного класса.
  - в) Объединение признаков со схожими текстурными свойствами.
2. Оценка информативности.
  - а) Ранжирование признаков с дальнейшей комбинацией.
3. Отбор информативных признаков.
  - а) Извлечение информативных и неинформативных признаков.
  - б) Получение текстурных свойств заданных классов изображений.
  - в) Проверка точности полученных результатов.
4. Получение текстурных свойств изображений

### **Описание набора данных**

Набор из 3 классов текстурных изображений в формате .png - кирпичи, трава и камни с общим количеством изображений – 7488 и разрешением 24x24 пикселя каждого фрагмента. Все изображения взяты из интернета.

### **Текстурные признаки Харалика**

Вычисление текстурных признаков Харалика может быть разбито на две части:

1. Построение матриц серых уровней (GLCM).
2. Вычисление 14 текстурных признаков на основе матриц серых уровней.

Цель исследования заключается в определении текстурных признаков, оказывающих наибольшее влияние на общее качество сегментации изображения. Иными словами, требуется выделить те признаки, которые дадут наилучшие показатели по заданным критериям оценки качества сегментации.

Процесс вычисления текстурных признаков Харалика происходит в двух отдельных модулях. Первый модуль заключается в построении матриц и вычислении некоторых статистических свойств этих матриц. Второй модуль обрабатывает статистические свойства, а также матрицы из предыдущего модуля и вычисляет фактические особенности текстуры.3



Рис. 1. Схема алгоритма



Рис. 2. Текстуры классов

### Результаты исследования

Чтобы лучше понять, как различать текстуру, мною был предложен следующий метод: во-первых, собрать набор данных и разделить его по классам.

Во-вторых, объединить признаки со схожими текстурными свойствами.

В-третьих, для решения задачи надо отобрать признаки и разделить их на информативные и неинформативные.

Грубо говоря, в конечном итоге, мы должны отобрать признаки, различающие элементы заданного класса от остальных, но не различающие элементы одного класса.



Для проверки точности технологии на каждом шаге расчёта производилась оценка качества наборов признаков с помощью алгоритма «дерева решений». Оценка производилась путём обучения дерева на заготовленных и отобранных ранее признаках, выбирая наиболее информативные из них и исключая из набора признаки с низким значением критерия разделимости.

Информативность сформированных комбинаций признаков оценивалась по результатам классификации тестовой выборки, состоящей из 2166 фрагментов изображений кирпича (bricks), 1554 изображений травы (grass) и 3290 изображений камня (rocks).

Для проверки точности полученных результатов разделили количество правильно классифицированных изображений на общее количество изображений. Точность классификации представлена в таблицах 1,2.

Таблица 1. Результаты вычисления точности классификации

Минимальное число объектов в листе	Точность классификации
0,02	64,92
0,04	61,46
0,06	59,72
0,08	58,76
0,1	58,27

Таблица 2. Результаты вычисления точности классификации

Минимальное количество объектов для разделения внутреннего узла	Точность классификации
0,02	74,96
0,04	71,38
0,06	66,76
0,08	64,92
0,1	62,98

### Выводы

По итогам выполнения работы был разработан метод выявления текстурных свойств заданных классов изображений с использованием признаков Харалика. Согласно выбранным критериям были установлены текстурные свойства изображений, которые показали лучшие результаты сегментации классов по сравнению с остальными. Также мы показали, что применение метода «дерева решений» позволяет повысить качество классификации.



### Литература

1. Ojala, T., Pietikainen, M. & Harwood, D. Performance evaluation of texture measures with classification based on Kullback discrimination of distributions. Pattern Recognition, 1994. Vol. 1—Conference A: Computer Vision and Image Processing., Proceedings of the 12th IAPR International Conference on 1, 582–585 (1994)
2. Dyck, D. V. Wavelets for texture analysis, an overview. IET Conference Proceedings 581–585 (1997)
3. Haralick R. M., Shanmugam K. & Dinstein I. Textural Features for Image Classification. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics 3, 610–621 (1973)
4. Raheja J. L., Kumar S. & Chaudhary A. Fabric defect detection based on GLCM and Gabor filter: A comparison. Optik—International Journal for Light and Electron Optics 124, 6469–6474 (2013)
5. Hovland, C. I. Computer simulation of thinking. American Psychologist, 15(11), 687-693 (1960).
6. VijayaLakshmi B. & Mohan V. Kernel-based PSO and FRVM: An automatic plant leaf type detection using texture, shape, and color features. Computers and Electronics in Agriculture 125, 99–112 (2016)
7. Brynolfsson, P., Nilsson, D., Torheim, T. et al. Haralick texture features from apparent diffusion coefficient (ADC) MRI images depend on imaging and pre-processing parameters. Scientific Reports 7, Article number: 4041 (2017)
8. Löfstedt T, Brynolfsson P, Asklund T, Nyholm T, Garpebring A Gray-level invariant Haralick texture features. PLoS ONE 14(2) (2019)

В.А. Егунов, С. В. Панюлайтис

## РАСПОЗНАВАНИЕ РЕЧЕВЫХ КОМАНД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ НА НИЗКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ КОМПЬЮТЕРАХ

(Волгоградский государственный технический университет)

### Введение

С каждым годом технологии развиваются все стремительнее. Результатом этого бурного технологического прогресса становится появление множества разнообразных интеллектуальных систем. Мобильные и легкие компьютерные детали становятся более и более интегрированными в повседневную жизнь. Умные часы и очки дополненной реальности могут быть полезны и уже стали широкодоступны. Взаимодействие с такими устройствами отличается от взаимодействия со смартфонами, которые уже приобрели функциональные возможности обычных компьютеров.

Все большую важность приобретает проблема взаимодействия человека и компьютера, увеличивается потребность в поиске новых способов обмена



информацией[1]. Голосовое управление уже давно развивается в этом направлении, и хорошо зарекомендовало себя в различных областях вычислительной техники.

В данной работе предлагается решение, позволяющее повысить удобство и доступность управления низкопроизводительными электронными устройствами.

Распознавание речевых команд включает: запись звука, выделение сигнала, извлечение признаков, классификацию и интерпретацию.

Концептуальное проектирование.

Функционально систему распознавания голосовых команд можно разделить по функциональному назначению на модули, перечисленные ниже:

- модуль выделения сигнала – обрезает ранее созданную аудиозапись, оставляя только ту часть, в которую попадает произнесенное слово или несколько слов;

- модуль извлечения признаков – извлекает из сырых данных признаки, характеризующие команду, для распознавания;

- модуль классификации – отвечает за определение команды по признакам одним из методов; к задаче классификации, которую решает этот модуль, предъявляются высокие требования по точности определения команд и скорости выполнения операции;

- модуль интерпретации – преобразует распознанную команду в текст согласно словарю или в управляющие сигналы для какого-либо устройства.

### **Используемый язык программирования**

В данной работе разрабатывается портативная система, обладающая высокой универсальностью. В качестве языка был выбран C++ из-за его кроссплатформенности и высокой производительности.

### **Запись звука**

Для эффективного распознавания команд нейросетью, звуковой сигнал должен обладать постоянством по частоте, громкости, уровню шума и продолжительности. Исходя из этого, необходимо ввести ограничение на расстояние между диктором и микрофоном, что исключает расположение микрофона на работе[2]. Возможно использование, как выносного микрофона, так и встроенного.

### **Передача сырых данных**

Звуковые данные решено было передавать между программными модулями в виде файлов формата \*.wav. Такой метод обусловлен тем, что в проекте используется несколько языков программирования и передача данных в ином виде представляется затруднительной.

Для считывания звука с микрофона был написан bash скрипт, записывающий 2-х секундный монофонический файл a.wav с частотой дискретизации 16000Гц и разрядностью или квантованием(-f cd) в 16 бит.



### **Обрезка, выделение признаков, классификация**

Для выделения слова из 2-х секундного файла составлена программа на языке с++. Алгоритм работы программы можно описать следующим образом:

- определяется максимальная и минимальная амплитуда осциллограммы (для разрядности 16 бит максимальные и минимальные значения не могут превышать +32 767 и - 32 768 соответственно);
- выполняется нормализация амплитуд (деление всех положительных амплитуд на максимальную амплитуду, отрицательных - на минимальную);
- разбивается осциллограмма на 200 участков (подобрано опытным путем);
- для каждого участка определяется среднее положительное значение амплитуды;
- выполняется "прогон" по участкам осциллограммы слева и справа; если значение средней положительной амплитуды больше заданной величины (5% из опыта учета внешних шумов), то предполагается, что начало и конец слова достигнут;
- запись выделенного слова в файл с.wav;
- для выделения признаков каждого слова используется спектральный анализ сигнала с использованием дискретного преобразования Фурье;
- предполагается, что для описания слова в каждом из 40-а интервалов достаточно вычислить значения 8-ми векторов (каждый задается парой значений – частотой и амплитудой); таким образом, слово однозначно для небольшой базы словарного запаса описывается массивом из 640 чисел; подтверждение данного утверждения выполнялось экспериментально путем восстановления осциллограммы слова – команды из полученной спектрограммы функциями синуса по 8-и амплитудам и частотам;
- результатом работы программы new.c является формирование массива из 640 чисел (320 векторов), определяющих произнесенное слово.

### **Нейронная сеть**

Опыт показал, что в качестве сети возможно использование классической полносвязной многослойной искусственной нейронной сети, основанной на алгоритме обучения с обратным распространением ошибок.

Количество нейронов входного слоя должно быть равно числу элементов массива, характеризующего слово-команду. По условию задачи структура должна иметь 640 нейронов во входном слое, 7 нейронов в выходном. Опытным путем установлено, что сеть должна иметь 2 скрытых слоя по 100 нейронов.

### **Команды**

Была создана полная обучающая база команд, состоящая из 336 аудиофайлов, по несколько вариантов произношения на каждое слово.



Прототип системы включает в себя:

- Модуль `slice` – формирование значащего участка из звукового файла.
- Модуль `new` – выделение признаков из звукового файла.
- Обучающий модуль `trainall.php`.
- Программа, использующая обученную нейронную сеть для распознавания команд `test.php`.
- Bash скрипт, последовательно запускающий необходимые программы.

### Распознавание

Обученная нейронная сеть позволяет убедиться в работоспособности всей системы. Распознавание команд производится практически без задержек, что подтверждает заложенные требования к производительности.

### Заключение

1. Показана возможность надежного распознавания слов с помощью ДПФ интервалов слов длиной 15...23мс с выделением 8-ми локальных максимумов амплитуд. Восстановление слова с помощью функций синуса показало близкое сходство звука исходному слову.

2. С помощью созданной программы нейронной сети показана практическая возможность построения нейронной сети распознавания 7-и команд.

3. Представленный здесь подход практического решения задачи распознавания команд можно использовать для распознавания нескольких десятков команд.

4. Представленное здесь решение можно использовать для создания систем управления голосом на любом языке, любыми звуками.

К недостаткам, замеченным в процессе тестирования системы, можно отнести зависимость качества распознавания от диктора, микрофона и даже расположения микрофона относительно диктора. Для решения этих проблем необходимо создание большей базы данных слов, произнесенных различными дикторами с разными микрофонами и при различных расположениях микрофонов.

Для надежного (практически 100% при правильном произношении слова) распознавания слов необходимо отсутствие посторонних звуков во время произношения слова. В основном посторонние шумы влияют на выделение слова из 2-х секундного аудио файла программой `slice.c`. Можно предположить, что если выделение слова при наличии шумов будет правильным, то нейронная сеть для различных вариантов слов с шумами сможет правильно выполнить распознавание (аналогия распознавания человеком слов с учетом помех).

В ходе работы были выполнены все поставленные задачи:

- проведен анализ существующих решений;
- разработан алгоритм решения задачи распознавания речевых команд;
- разработана программная архитектура проекта;



- создан программный пакет для организации человеко-машинного интерфейса.

Полученная система распознавания в будущем может использоваться во многих проектах требующих голосового управления. Преимуществами разработанной системы над уже существующими программными продуктами являются поддержка любого языка, минимальные требования к ресурсам вычислительной техники, высокая скорость работы, простота использования.

### Литература

1 Ульман Л. Основы программирования на РНР : монография / Л. Ульман. . – Москва : ДМК Пресс, 2001. – 288 с. : ил. (Самоучитель).

2 Мазуркевич А. МВ РНР: настольная книга программиста /А. Мазуркевич, Д. Еловой. – Минск : Новое знание, 2003. – 480 с. : ил.

А.Н. Ионов, Л.С. Зеленко, Д.С. Оплачко

## РАЗРАБОТКА КЛАССИФИКАТОРА ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ДЕСКРИПТОРОВ SURF И МЕТОДА ОПОРНЫХ ВЕКТОРОВ

(Самарский университет)

### Введение

В современном мире цифровых технологий каждый день появляется достаточно большое количество фотографий. Американская статистика свидетельствует о появлении 9,5 миллиардов фотографий в день, сделанных только американцами, при этом больше трети фотографий снимается телефоном [1]. При большом объеме фотографий поиск нужной фотографии может занять достаточно большое время, кроме того, может возникнуть проблема, связанная с неопределенностью того, что изображено на фотографии.

В связи с этим возникает потребность в автоматизации данного процесса, это можно сделать с помощью SURF-дескрипторов (SURF – Speeded Up Robust Features), которые позволяют выделить основные признаки изображения, и метода опорных векторов (SVM – Support Vector Machines), который позволяет определять принадлежность изображения к тому или иному классу.

### Общий принцип работы алгоритма поиска изображения

Методы поиска по содержанию основаны на представлении изображения в виде векторов признаков (дескрипторов) – наборов численных параметров, описывающих характеристики изображения, например, такие как цвет, текстуру и т.д. Вектора признаков принимают значения в пространстве признаков. Если на таком пространстве задать меру, то можно сравнивать изображения друг с другом, вычисляя расстояние между соответствующими векторами признаков.



Для решения задачи автоматической классификации изображений можно использовать следующий алгоритм проведения классификации изображений:

- загрузить изображение;
- выделить SURF-признаки;
- сопоставить их со словарем;
- выполнить классификацию изображения.

Метод SURF положительно зарекомендовал себя в задачах поиска объектов на изображениях, 3D-реконструкции, при сравнении изображений [2]. Его помощью можно решить две задачи: поиск особых точек изображения и создание их дескрипторов (описательного элемента, инвариантного к изменению масштаба и поворота). Кроме того, сам поиск ключевых точек тоже должен обладать инвариантностью, т.е. повернутый объект сцены должен обладать тем же набором ключевых точек, что и образец.

Особые точки ищутся с помощью матрицы Гессе [3]. Детерминант матрицы Гессе (т.н. гессиан) достигает экстремума в точках максимального изменения градиента яркости. Так как метод не инвариантен к масштабу, то он использует разномасштабные фильтры для нахождения гессианов. Для каждой ключевой точки считается градиент и масштаб. Градиент в точке вычисляется с помощью фильтров Хаара. Размер фильтра берется равным  $4s$  (где  $s$  – масштаб особой точки). Вид фильтров Хаара показан на рисунке 1, где черные области имеют значения «-1», а белые «+1».



Рис. 1. Фильтры Хаара

После нахождения ключевых точек, метод SURF формирует их дескрипторы. Дескриптор представляет собой набор из 64 (либо 128) чисел для каждой ключевой точки [4]. После того, как были получены основные точки с помощью метода SURF, необходимо заняться классификацией полученных данных. Для этих целей был использован метод опорных векторов SVM, широко используемый на практике в задачах классификации и регрессии [5], суть работы метода очень проста: алгоритм создает линию или гиперплоскость, которая разделяет данные на классы.

Метод SVM был выбран на основании следующих преимуществ [6]:

- Задача выпуклого квадратичного программирования хорошо изучена и имеет единственное решение.
- Метод опорных векторов эквивалентен двухслойной нейронной сети, где число нейронов на скрытом слое определяется автоматически как число опорных векторов.



– Принцип оптимальной разделяющей гиперплоскости приводит к максимизации ширины разделяющей полосы, а, следовательно, к более уверенной классификации.

Рассмотрим работу алгоритма на следующем примере. Есть набор данных, который необходимо классифицировать и разделить на два класса. Основная цель задачи – найти линию, которая разделит эти два класса. На рисунке 2 изображено положение исходных данных.

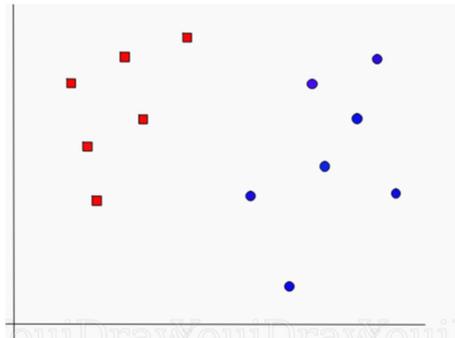


Рис. 2. Расположение исходных данных в двумерном пространстве

Алгоритм SVM работает таким образом, что он ищет точки на графике, которые расположены непосредственно к линии разделения ближе всего. Эти точки называются опорными векторами. Затем алгоритм вычисляет расстояние между опорными векторами и разделяющей плоскостью. Это расстояние называется зазором. Основная цель алгоритма – максимизировать расстояние зазора. Лучшей гиперплоскостью считается такая гиперплоскость, для которой этот зазор является максимально большим. На рисунке 3 изображена линия, которая позволяет максимизировать зазор для классов.

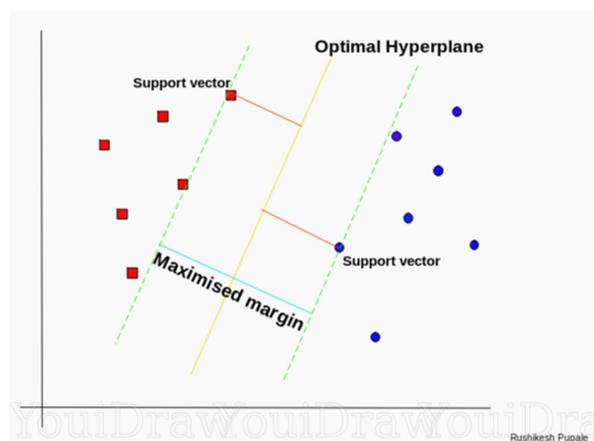


Рис. 3. Пример оптимально построенной линии разделения

### Заключение

Авторами была проведена апробация разработанного алгоритма с применением дескрипторов SURF и классификаций SVM. В качестве входных данных использовались 100 картинок, которые были разделены на 4 класса. В



результате обучения классификатора были получены следующие результаты: к первому классу классификатор отнес 18 из 25, ко 2 – 20 из 25, к 3 – 22 из 25, к 4 – 19 из 25. Таким образом, классификатор определяет принадлежность изображений к классам с вероятностью от 0,72 до 0,85.

### Литература

- 1 How Many Photos Do Americans Take a Year? – Hyperallergic [Электронный ресурс]. URL: <https://hyperallergic.com/48765/how-many-photos-do-americans-take-a-year/> (дата обращения: 04.04.2020).
- 2 Применение метода SURF – Habr [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/post/152679/> (дата обращения: 05.04.2020).
- 3 Гессиан функции – Wiki [Электронный ресурс]. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Гессиан\\_функции](https://ru.wikipedia.org/wiki/Гессиан_функции) (дата обращения: 05.04.2020).
- 4 Применение метода SURF – PVSM [Электронный ресурс]. URL: <https://www.pvsm.ru/programmirovanie/16929> (дата обращения: 05.04.2020).
- 5 Алгоритм машинного обучения. Метод Опорных Векторов (SVM) – Habr [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/post/428503> (дата обращения: 07.04.2020).
- 6 Метод опорных векторов (SVM) – университет ИТМО [Электронный ресурс]. URL: [https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=Метод\\_опорных\\_векторов\\_\(SVM\)](https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=Метод_опорных_векторов_(SVM)) (дата обращения: 07.04.2020).

В.В. Коневский, А.В. Гайдель

## ТРЕКИНГ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В ВИДЕОПОТОКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

(Самарский университет)

Понимание механизмов движения клеток является актуальной проблемой в биомедицинских исследованиях [1]. Правильная характеристика того, как клетки изменяют свою форму и двигаются по мере взаимодействия с окружающей средой, является ключом к пониманию клеточной миграции и ее последствиям [2]. Это важно, как для развития нормальной ткани, так и для многих заболеваний [1].

Сегментирование и отслеживание клеток вручную является чрезвычайно трудоемкой задачей из-за большого количества данных, полученных в ходе исследований живых клеток. Таким образом, анализ покадровых экспериментов все больше опирается на автоматизированные методы обработки изображений. Но большинство стандартных методов сегментации и отслеживания неэффективны в условиях низкого качества, присутствует высокая плотность клеток и их неоднородное окрашивание [3]. Клетка может погибнуть или поделиться. К этому добавляется



несовершенство оптических систем [4]. Все это стимулировало разработку алгоритмов, которые способны преодолеть эти проблемы.

Цель данной работы – создание приложения, способного решать проблемы трекинга микроскопических объектов в видеопотоке.

Методы отслеживания можно широко классифицировать на два типа: “отслеживание с помощью методов обнаружения” [5-7] и “отслеживание с помощью методов эволюции модели” [8-10].

Основная идея первого состоит в том, чтобы сначала обнаружить все ячейки во всей видеопоследовательности, а затем связать обнаруженные ячейки между последовательными кадрами, путем оптимизации вероятностной целевой функции.

Принцип второго заключается в нахождении клеток в первом кадре и обновлении их положения, формы и ориентации во всем промежутке времени, принимая во внимание результат предыдущего кадра. Каждая отслеживаемая клетка представлена моделью, которая эволюционирует во времени, чтобы соответствовать конкретной ячейке в последующих кадрах

В настоящее время преобладающим подходом к сегментации и отслеживанию является применение методов машинного обучения [11-12].

Набор данных состоит из двумерных видеопоследовательностей клеток, окрашенных в флуоресцентный цвет, движущихся сверху или погруженных в подложку [13].

Для экспериментов использовались клетки HeLa [14]. Это линия клеток, которая способна к бесконечному числу делений. Были получены из раковой опухоли человека [15]. Они используются во множестве научных исследований в области биологии и фармакологии [15].

Задача отслеживания состояла из двух этапов, сегментация видео последовательности и связывание клеток между собой.

Для сегментации была реализована сверточная нейронная сеть, построенная по U-Net архитектуре [16]. Входной кадр видео последовательности представлял собой набор клеток. Было необходимо отделить клетки от фона, а также разделить клетки между собой.

Для создания связей между объектами были реализованы алгоритмы:

- алгоритм ближайшего соседа
- алгоритм ближайшего по площади
- алгоритм пороговых значений
- комбинированный алгоритм

Критерием оценки для сегментации изображения является способность алгоритма точно идентифицировать пиксели, занятые объектами на изображениях [17].

В области компьютерного зрения существуют методы для оценки эффективности алгоритмов обнаружения и отслеживания. Но они нацелены только на топологически устойчивые объекты, такие как человеческие лица, текстовые поля и транспортные средства. Поэтому их нельзя применять к



отслеживанию клеток, поскольку отслеживаемые объекты могут делиться с течением времени или исчезать после смерти клетки [17].

Для исследования мы использовали меру точности отслеживания, которая штрафует все возможные ошибки в результатах отслеживания и объединяет их в одно значение. Эта мера оценивает сложности преобразования, вычисленного ациклического ориентированного графа [17]. Такая сложность измеряется как взвешенная сумма наименьшего числа операций с графами, необходимых для того, чтобы графы были идентичными.

Результаты экспериментов:

Таблица 1 – Достоверность сегментации

Метод	Достоверность
Много классовая сегментация	0.039494
Комбинированная сегментация	0.649633

Таблица 2 – Достоверность трекинга

Метод	Достоверность
Алгоритм ближайшего соседа	0.920856
Алгоритм ближайшего по площади	0.809027
Алгоритм пороговых значений	0.860545
Комбинированный алгоритм	0.936965

Из-за маленького набора данных (84 кадра) нейронная сеть показала низкие результаты при много классовой сегментации, около 4 процентов. Поэтому был выбран подход, когда на первом этапе сегментации происходит отделение клеток от фона, а на втором этапе закрашивается каждая отдельная клетка, для этого используется алгоритм обхода в ширину. Такой подход позволил повысить точность в 16 раз.

Среди алгоритмов построение связей клеток, лучшие результаты показал комбинированный алгоритм. Суть алгоритма заключается в двух этапах.

На первом мы берем все клетки с n-1 кадра и сравнением с клетками с n кадра. Для каждой клетки с n-1 кадра мы ищем центры клеток с n кадра, которые вошли в области этой клетки. Таким образом мы можем получить 4 результата, в область клетки вошли 0, 1, 2 или n центров клеток. Если в область клетки вошел только 1 центр, то мы считаем, что клетка поменяла свое положение. Если в область клетки вошли два центра, то мы считаем, что клетка поделилась. Если в область клетки вошли 0 или n кадров мы считаем, что с клеткой произошла аномалия (клетка могла погибнуть, или отдалиться дальше своей области, или ее могли сместить соседние клетки) и помещаем данную в специальную коллекцию, которую будем обрабатывать на втором этапе.



На втором этапе мы берем все не помеченные клетки с  $n$  кадра и ищем клетку с наиболее подходящей площадью из аномальных клеток. Если коллекция аномальных клеток пуста, то мы считаем, что все оставшиеся клетки  $n$  кадра являются новыми клетками.

В ходе работы был разработан уникальный алгоритм трекинга, создана его реализация в виде приложения состоящего из двух сервисов на языках Java и Python, а также было проведено сравнение эффективности реализованных алгоритмов. Результат для сегментации 65%, для трекинга 94%.

### Литература

1 C. Zimmer, On the digital trail of mobile cells [Текст] / C. Zimmer, B. Zhang, A. Dufour, A. Thebaud, S. Berlemont, V. Meas-Yedid, J.-C. Olivo-Marin // IEEE Signal Processing Magazine. – 2006. – Vol. 23(3). – p. 54-62.

2 R. Ananthakrishnan, The forces behind cell movement [Текст] / R. Ananthakrishnan, A. Ehrlicher // International Journal of Biological Sciences. – 2007. – Vol. 3(5). – P. 303-317.

3 C. Vonesch, The colored revolution of bioimaging [Текст] / C. Vonesch, F. Aguet, J.-L. Vonesch, M. Unser // IEEE Signal Processing Magazine. – 2006. – Vol. 23(3). – P. 20-31.

4 P. Sarder, Deconvolution methods for 3-D fluorescence microscopy images [Текст] / P. Sarder and A. Nehorai // IEEE Signal Processing Magazine. – 2006 – Vol. 23(3). – P. 32-45.

5 C. Ortiz-de-Solorzano, Towards a Morphodynamic Model of the Cell: Signal processing for cell modeling [Текст] / C. Ortiz-de-Solorzano, A. Muñoz-Barrutia, E. Meijering, M. Kozubek // IEEE Signal Processing Magazine. – 2015. – Vol. 32(1). – P. 20-29.

6 F. Li, Multiple nuclei tracking using integer programming for quantitative cancer cell cycle analysis [Текст] / F. Li, X. Zhou, J. Ma, S. T. C. Wong // IEEE Transactions on Medical Imaging. – 2010 – Vol. 29(1). – P. 96-105.

7 D. Padfield, Coupled minimum-cost flow cell tracking for high-throughput quantitative analysis [Текст] / D. Padfield, J. Rittscher, B. Roysam // Medical Image Analysis. – 2011 – Vol. 15(1). – P. 650-668.

8 A. Dufour, 3D active meshes: fast discrete deformable models for cell tracking in 3D time-lapse microscopy [Текст] / A. Dufour, R. Thibeaux, E. Labruyere, N. Guillen, J-C Olivo-Marin // IEEE Trans. Image Process. – 2011. – Vol. 20(19) – P. 25-37.

9 M. Maška, Segmentation and shape tracking of whole fluorescent cells base don the Chan-Vese model [Текст] / M. Maška, O. Daněk, S. Garasa, A. Rouzaut, A. Muñoz-Barrutia, C. Ortiz-de-Solorzano // IEEE Transactions on Medical Imaging. – 2013. – Vol. 32(6) – P. 995-1006.

10 O. Dzyubachyk, Advanced level-set-based cell tracking in time-lapse fluorescence microscopy [Текст] / O. Dzyubachyk, W. A. van Cappellen, J.



Essers, W. J. Niessen, and E. Meijering // IEEE Transactions on Medical Imaging. – 2010 – Vol. 29(3) – P. 852-867.

11 T. He, Cell tracking using deep learning neural networks with multi-task learning [Текст] / T. He, H. Mao, J. Guo, Z. Yi // Image and Vision Computing – 2016 – Vol. 60 – P. 142-153.

12 F. Xing, Deep Learning in Microscopy Image Analysis: A Survey [Текст] / F. Xing, Y. Xie, H. Su, F. Liu, L. Yang // IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems. – 2017. – Vol. 29 – P. 4550-4568.

13 Ulman V., An objective comparison of cell-tracking algorithms [Текст] / Ulman V., Maška M., Magnusson K. // Nat Methods. – 2017. – Vol. 14 – P. 1141–1152.

14 Ulman V., A benchmark for comparison of cell tracking algorithms [Текст] / Ulman V., Maška M., Magnusson K. // Bioinformatics. – 2014. – Vol. 30(11) – P. 1609–1617.

15 HeLa cell lines – robust cellular models for in vitro testing [Электронный ресурс] // Tebu-bio: сайт. – Электрон. дан. – 2017. – URL: <https://www.tebu-bio.com/blog/2017/11/28/hela-cells-the-first-cell-line> (дата обращения: 19.11.2019).

16 Olaf Ronneberger, U-Net : Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation [Текст] / Olaf Ronneberger, Philipp Fischer, Thomas Brox // Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention (MICCAI), Springer, LNCS. – 2015. – Vol. 9351 – P. 234-241.

17 Cell Tracking Accuracy Measurement Based on Comparison of Acyclic Oriented Graphs [Электронный ресурс] // PLoS ONE: сайт. – Электрон. дан. – 2015. – URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144959> (дата обращения: 01.02.2020).

Д.В. Лещева<sup>1</sup>, В.А. Семенова<sup>2,3</sup>

## УПРАВЛЕНИЕ ДАННЫМИ ПРИ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ОБЪЕКТОВ МНОГОМЕРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ И ЭКСПЕРИМЕНТОВ

<sup>1</sup> Поволжский университет телекоммуникаций и информатики

<sup>2</sup> Институт проблем управления сложными системами  
Самарского научного центра РАН

<sup>3</sup> Самарский государственный технический университет)

Одной из фундаментальных задач научного познания предметной области (ПрО) любой природы является систематизация данных наблюдений и экспериментов (в самом широком смысле последнего слова). И здесь, прежде всего, имеет значение *кластеризация объектов* исследуемой ПрО (уместно сослаться на мнение знаменитого французского естествоиспытателя Жана Батиста Ламарка о том, что «всякая наука начинается с классификации»).



В современной информатике такую кластеризацию связывают с построением *формальных онтологий* ПрО [1, 2]. Т.е. целью кластеризации объектов многомерных наблюдений и экспериментов является построение формальной онтологии исследуемой ПрО путем надлежащего анализа данных («*онтологического анализа данных*» - ОАД) или, в прагматической формулировке, путем автоматического *вывода онтологии из данных* наблюдений и экспериментов.

В этом контексте активность познающего субъекта состоит не только в организации сбора (отбора) эмпирических данных, но в их «раскладке», «группировке», «грануляции» сообразно каким-то своим взглядам и целям непосредственно перед их кластеризацией. Теоретически эти действия исследователя ПрО именуется *концептуальным шкалированием* [3].

В данной работе под *управлением данными* наблюдений и экспериментов понимается практическое осуществление субъектом-исследователем концептуального шкалирования эмпирических данных. Конкретно рассматривается поддержка такого управления данными в системе ОАД OntoWorker [4, 5], разрабатываемой в Институте проблем управления сложными системами Самарского научного центра РАН на платформе Excel.

Как во многих других задачах анализа данных эмпирическая информация в ОАД представляется в виде *таблицы «объекты-свойства»* (ТОС) [6, 7]:

$$(G^*, M, V, I),$$

где  $G^* = \{g_i\}_{i=1, \dots, r}$ ,  $r = |G^*| \geq 1$  - множество наблюдавшихся объектов:  $G^* \subseteq G$ ,  $G$  – всё гипотетически мыслимое множество объектов исследуемой ПрО;  $M = \{m_j\}_{j=1, \dots, s}$ ,  $s = |M| \geq 1$  - множество измеренных у объектов свойств;  $V$  – совокупное множество значений разных свойств,  $V = \cup_{j=1, \dots, s} V_j$ ,  $V_j$  - область существования значений (*домен*) свойства  $m_j$ , причем  $\forall j \text{ None} \in V_j$ , **None** – универсальный результат измерения, который можно охарактеризовать как «нет информации» (но не в смысле «измерение не проводилось») [2], или «значение измеряемого свойства лежит вне динамического диапазона процедуры измерения», или «объект и процедура измерения семантически не сочетаются» [8];  $I$  - тернарное отношение между  $G^*$ ,  $M$  и  $V$  ( $I \subseteq G^* \times M \times V$ ), определенное для всех пар из  $G^* \times M$ .

С общих позиций концептуальное шкалирование означает субъективное конструирование «покрытия» домена свойства, измеряемого у объектов исследуемой ПрО. Обычно такое покрытие описывается набором *лингвистических констант* (если используется четкая концептуальная шкала; использование нечетких лингвистических шкал и, соответственно, описание покрытия домена лингвистическими переменными здесь не рассматривается), которые фактически определяют *новые свойства* объектов ПрО.

Метафора покрытия и, главное, фундаментальные положения классической логики, указывает на существования *двух и только двух* принципиально различающихся способов концептуального шкалирования [9]:



- *дизъюнктивное* (номинальное) шкалирование свойства предполагает разделение его домена на две или, в общем случае,  $n \geq 2$  непересекающихся частей и приводит к замещению шкалируемого свойства набором новых *несовместимых* свойств;
- *уточняющее* (порядковое) шкалирование свойства устанавливается покрытием его домена двумя областями, первая из которых покрывает домен целиком, а вторая – некоторую его часть («строгая часть»). При этом у объектов исследуемой ПрО субъективно добавляется новое свойство, которое некоторым образом определяет выделенную часть домена шкалируемого свойства и *обуславливает* последнее. Обобщением такого приема является уточняющее шкалирование одновременно  $n \geq 2$  свойств [10].

Нетрудно видеть, что элементарным управляющим актом (ЭУА) субъекта по отношению к ТОС в обоих случаях будет одно и то же - *отбор* объектов ПрО с определенными значениями шкалируемого свойства (за исключением значения **None**, которое фактически означает, что у объекта шкалируемое свойство отсутствует, и, следовательно, объект не участвует в обсуждаемом действии).

При номинальном шкалировании ЭУА необходимо выполнить  $n - 1$  раз (см. схему на рисунке 1). Результат каждого ЭУА фиксируется в ТОС добавлением нового столбца (т.е. нового свойства, которое обозначается некоторой лингвистической константой, вводимой концептуальной шкалой), где знаком **X** «*объекту присуще свойство*» отмечаются отобранные объекты и знаком **None** все остальные. В  $n$ -м новом столбце ТОС аналогично отмечаются все объекты неотобранные ранее.

При порядковом шкалировании ЭУА выполняется независимо для каждого из  $n$  участвующих в шкалировании свойств. В ТОС добавляется один новый столбец соответствующий новому субъективно введенному свойству, где знаком **X** отмечаются только те объекты, которые были отобраны во всех УА, а знаком **None** все остальные.

В OntoWorker ТОС естественно представляется Excel-таблицей, а базовый ЭУА может быть эффективно реализован с помощью встроенной функции *Advanced Filter* [11].

Вместе с тем, существенной проблемой рассматриваемых действий субъекта-исследователя является унификация описания выделяемых в ЭУА частей доменов шкалируемых свойств. В общем случае домены неоднородны, в частности, Excel допускает размещение в ячейках таблиц (и, следовательно, OntoWorker в ТОС) как текстовых, так и числовых значений в различных форматах, включая дату, время и др.

Предлагаемый подход состоит в предоставлении исследователю возможности в каждом ЭУА «прямо» указывать значения свойств, попадающих в выделяемую им часть домена *из числа всех различных значений свойств, имеющих у объектов обучающей выборки  $G^*$*  (т.е. присутствующих в ТОС и



отличных от **None**). Эта возможность легко реализуется с помощью простейшей Excel-формы со списком, имеющего режим множественного выбора [12].

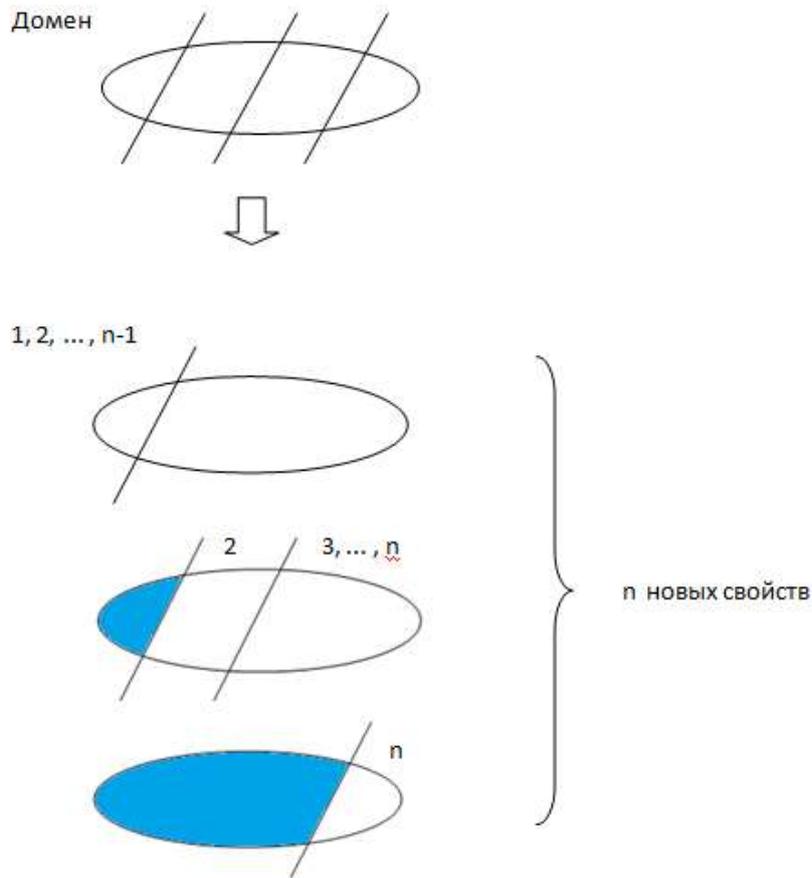


Рис. 1. Схема номинального шкалирования



Рис. 2. Схема порядкового шкалирования



При активизации формы в этот список загружаются преобразуемые в текст результаты измерения свойства любого типа, хранящиеся в соответствующем столбце ТОС. Рационализирует это, на первый взгляд, громоздкое решение несколько приемов: исключаются повторяющиеся значения, значения сортируются (по величине для числовых результатов измерений, лексикографически для данных измерений в номинальных шкалах), при дизъюнктивном шкалировании исключаются ранее отобранные значения (см. рисунок 1) и др.

В целом предложенные в OntoWorker средства управления данными при кластеризации объектов многомерных наблюдений и экспериментов интуитивно понятны и пригодны для онтологического анализа данных, описывающих сотни объектов и свойств.

### Литература

1. Гаврилова, Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский – СПб.: Питер, 2000. - 384 с.
2. Смирнов, С.В. Онтологический анализ предметных областей моделирования / С.В. Смирнов // Известия Самарского научного центра РАН. - 2001. - Т. 3, № 1. - С. 62-70.
3. Ganter, B. Conceptual scaling / B. Ganter, R. Wille // In: F. Roberts (Ed.): Applications of Combinatorics and Graph Theory to the Biological and Social Sciences. - New York Springer-Verlag, 1989. - P. 139-167.
4. Семенова, В.А. OntoWorker: программная лаборатория для онтологического анализа данных / В.А. Семенова, В.С. Смирнов, С.В. Смирнов // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды XVII международной конференции. – Самара: СамНЦ РАН, 2015. - С. 382-393.
5. Лещева, Д.В. Пользовательский интерфейс программной лаборатории для онтологического анализа данных / Д.В. Лещева, В.А. Семенова, С.В. Смирнов // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2018): Труды международной научно-технической конференции. – Самара: СамНЦ РАН, 2018. – С. 479-482.
6. Барсегян, А.А. Анализ данных и процессов / А.А. Барсегян, М.С. Куприянов, И.И. Холод, М.Д. Тесс, С.И. Елизаров – СПб.: БХВ-Петербург, 2009. – 512 с.
7. Загоруйко, Н.Г. Когнитивный анализ данных / Н.Г. Загоруйко – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2013. – 186 с.
8. Рубашкин, В.Ш. Представление и анализ смысла в интеллектуальных информационных системах / В.Ш. Рубашкин. – М.: Наука, 1989. - 192 с.
9. Самойлов, Д.Е. Фрактальность ограничений сосуществования свойств в задачах машинного обучения / Д.Е. Самойлов, В.А. Семенова, С.В. Смирнов // Сборник трудов IV международной конференции и молодежной школы «Информационные технологии и нанотехнологии» ИТНТ-2018. - Самара: Изд-во Новая техника, 2018. - С. 2512-2518.



10. Смирнов, С.В. Две методологии вывода формальных понятий: когда и как они должны работать вместе / С.В. Смирнов // Знания – Онтологии – Теории: Материалы VII международной конференции. – Новосибирск: Институт математики СО РАН, Новосибирский гос. ун-т, 2019. - С. 355-363.

11. Киммел, Пол, Грин, Джон, Буллен, Стивен, Боуви, Роб, Розенберг, Роберт и др. Excel 2003 и VBA. Справочник программиста.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2006. – 1088 с.

12. Уокенбах, Дж. Excel 2010: профессиональное программирование на VBA / Дж. Уокенбах. - М.: ООО «Вильямс», 2011. – 944 с.

А.О. Морозов

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА «PRO-НК» ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ СУБЪЕКТОВ ТУРИСТИЧЕСКОГО КЛАСТЕРА

(Волгоградский государственный технический университет)

В сфере гостеприимства немаловажную роль играют способы и инструментарию управления ресурсами. Развитие информационных технологий во многом способно повлиять на эффективность решения подобных задач. Для этих целей существуют специализированные автоматизированные системы и мобильные приложения. Но следует отметить недостаточный функционал подобных систем в сфере управления ресурсами подразделений субъектов туристического кластера [1]. В данной работе рассмотрим предлагаемое решение, которое применимо к такому подразделению как служба хаускипинга (СХК) гостиницы.

СХК гостиницы является таким подразделением, которое отвечает за чистоту помещений и комфорт гостей, а также согласованную работу других служб, входящих в состав современной гостиницы. Автоматизация данного подразделения с помощью существующего на рынке программного обеспечения не охватывает полностью все бизнес-процессы, входящие в его состав [2]. Поэтому задача по полной автоматизации всех бизнес-процессов является актуальной. *Целью исследования* является совершенствование функциональных возможностей инструментарию по управлению ресурсами СХК гостиницы.

Субъектом управления СХК гостиницы является руководитель СХК. Объектом управления являются ресурсы: материальные, человеческие.

В качестве основного программного обеспечения (ПО) для управления ресурсами СХК гостиницы было разработано следующее:

1. Веб-ориентированная автоматизированная система (АС) проактивного управления «ПаУР» (включая интеллектуальное ядро).
2. Мобильное приложение (МП) «Мобильный хаускипинг».



Разработанное ПО представляет собой программное средство (ПС) «PRO-НК», архитектура которого представлена на рисунке 1.

В основе разработанного ПС для автоматизации работы СХК гостиницы лежит проактивная методика.

Методика проактивного управления включает в себя следующие модели: управление персоналом, управление прачечной, прогнозирование потребности в ресурсах, поддержка принятия управленческих решений руководителя СХК.

Разработанная автоматизированная система «ПаУР», входящая в состав ПС имеет модульную структуру. Она состоит из интеллектуального ядра и 6 модулей.

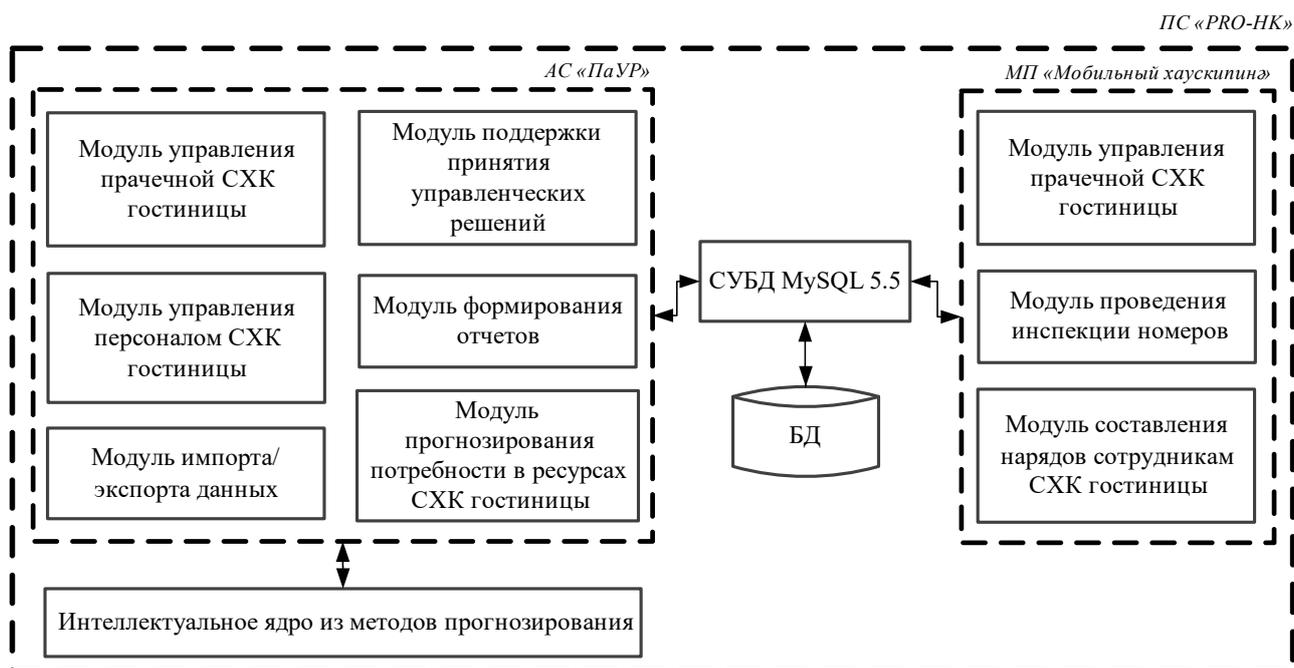


Рис. 1. Архитектура ПС «PRO-НК»

Система представляет собой web-приложение, реализуемое с помощью средств web-программирования на языке PHP. Интеллектуальное ядро содержит в себе несколько реализаций методов прогнозирования с использованием библиотеки Scikit-learn [3] на языке Python. В качестве СУБД выбрана свободная реляционная база данных MySQL версии 5.5.

Модуль управления персоналом СХК гостиницы реализует следующие функции:

- управление кадрами СХК гостиницы;
- учет и контроль обслуживания номерного фонда гостиницы;
- расчет мотивационных премий сотрудников согласно используемой мотивационной схеме.

Модуль управления прачечной СХК реализует следующие функции:

- учет приема/выдачи вещей от клиентов гостиницы;
- расчет стоимости предоставляемых услуг прачечной;
- ведение прайс-листа на услуги прачечной;



- расчет мотивационных премий сотрудников;
- контроль расхода моющих средств для стирки.

Модуль импорта/экспорта данных включает в себя функции по подготовке и загрузке необходимых данных для выполнения прогнозирования.

Модуль прогнозирования связан с интеллектуальным ядром, реализованным на языке Python, включающим алгоритмы машинного обучения для решения задач восстановления регрессии [4-5]. Модуль прогнозирования потребности в ресурсах реализует следующие функции:

- переобучение моделей прогнозирования;
- построение прогноза потребности в ресурсах;
- построение графиков построенных прогнозов.

Для переобучения моделей прогнозирования необходимо экспортировать CSV-файл с ретроспективными данными по обслуживанию номеров из модуля управления персоналом. Данный CSV-файл является входным для выполнения переобучения моделей. Для обучения (переобучения) моделей прогнозирования были выбраны следующие признаки:

- год (2015-2019);
- сезон, включающий в себя набор соответствующих месяцев («мертвый», низкий, высокий);
- день недели (1-7);
- рабочий/выходной день (1 или 0, выходными принято считать субботу и воскресенье);
- планируемое количество занятых стандартных номеров;
- планируемое количество выездов из стандартных номеров;
- планируемое количество занятых номеров типа люкс;
- планируемое количество выездов из номеров типа люкс;
- количество групповых заездов;
- количество групповых выездов.

Выходной CSV-файл, содержащий данные прогноза, используется в модуле поддержки принятия управленческих решений. Он содержит данные о потребности в обслуживающем персонале и общем количестве номеров всех типов, требующих обслуживания.

Модуль поддержки принятия управленческих решений включает в себя следующие функции:

- поддержка составления графика работы персонала;
- хранение информации о средствах для уборки и их расходах;
- поддержка планирования средств химии для уборки номеров.

Данный модуль взаимодействует с интеллектуальным ядром, содержащим набор алгоритмов и методов поддержки принятия решений, а также обученных моделей прогнозирования.

Реализованное программное средство «PRO-НК», включающее в себя АС «ПаУР» и мобильное android-приложение «Мобильный хаускипинг», позволяет автоматизировать все необходимые бизнес-процессы, происходящие в таком структурном подразделении, как СХК гостиницы. Следовательно,



использование ПС «PRO-НК» позволит эффективно управлять ресурсами СХК гостиницы, а также снизить затраты. Описанное программное средство может быть внедрено в сетевую гостиницу г. Волгограда Park Inn by Radisson.

### Литература

1. Петров А.Б. Корпоративные информационные системы: проблемы и перспективы / А.Б. Петров // Cloud of Science. 2019. Т. 6. № 1. С. 71-82.
2. Морозов А.О. Сравнительный анализ автоматизированных систем управления подразделениями субъектов туристического кластера [Электронный ресурс] / А.О. Морозов // Постулат: электронный журнал. 2019. № 3. 8с. URL: <http://e-postulat.ru/index.php/Postulat/article/view/2533>.
3. Scikit-learn Machine Learning in Python [Электронный ресурс]: URL: <http://scikit-learn.org/stable/> (дата обращения: 01.03.2020).
4. Черкасов Д.Ю. Машинное обучение / Д.Ю. Черкасов, В.В. Иванов // Наука, техника и образование. 2018. № 5 (46). С. 85-87.
5. Астахов Д.А. Использование современных алгоритмов машинного обучения для задачи распознавания эмоций / Д.А. Астахов, А.В. Катаев // Cloud of Science. 2018. Т. 5. № 4. С. 664-679.

И.О. Нестеров, И.В. Лёзина

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РАСПОЗНАВАНИЯ РИМСКИХ ЦИФР С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ХЕММИНГА И ХОПФИЛДА

(Самарский университет)

Нейронные сети получили широкое распространение в самых разных сферах жизни. Среди задач, которые решают с привлечением возможностей нейронных сетей, особое место занимает распознавание или по-другому классифицирование объектов. Сама модель, лежащая в основе многих видов нейронных сетей, в значительной степени подходит под эту задачу.

Классификации могут быть подвержены практически любые виды сущностей. Для этого необходимо тем или иным образом получить их «электронный» вид. Под этим подразумевается процесс сопоставления объекта реального мира искусственно созданной сущности, с которой могла бы взаимодействовать нейронная сеть. Обычно это преобразование подразумевает под собой выделение признаков, совокупность которых может однозначно отделить объекты, относящиеся к категории нами распознаваемых, друг от друга и объединение их в один вектор.

Под это преобразование хорошо подходят различные символы. Их распознавание и классификация – востребованная задача.

Для проведения исследования наилучшим вариантом будет выделение какого-либо ограниченного множества символов. Это позволит решать задачу распознавания более чётко и однозначно.



Выберем в качестве множества распознаваемых символов римские цифры, например, в промежутке от 1 до 5.

Для проведения исследования будем использовать две нейронные сети: нейронную сеть Хопфилда и нейронную сеть Хемминга.

Нейронная сеть Хопфилда состоит из  $N$  искусственных нейронов. Нейрон в системе принимает одно из двух состояний (это сопоставимо с выходом нейрона с пороговой функцией активации) [1]:

$$x_i = \begin{cases} 1, \\ -1. \end{cases}$$

Их взаимодействие внутри сети описывает выражение:

$$E = \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^N w_{ij} x_i x_j,$$

где  $w_{ij}$  элемент матрицы взаимодействий  $W$ , состоящей из набора весовых коэффициентов связей между нейронами. В матрицу во время обучения вносится  $M$  «образов» –  $N$ -мерных бинарных векторов [2]:

$$S_m = (s_{m1}, s_{m2}, \dots, s_{mN}).$$

Для классифицирования бинарных входных векторов можно использовать искусственную нейронную сеть Хемминга. Суть работы этой сети заключается в выборе класса (одного из эталонных образов) для зашумлённого входного вектора на основе оценки степени их близости друг к другу. Мера близости к каждому классу оценивается с учётом расстояния Хемминга – количества отличающихся переменных у эталонного вектора и поданного на вход зашумлённого [3].

Структура сети Хемминга состоит из двух слоёв с количеством нейронов, равным количеству классов. Количество бинарных признаков, необходимых для различия между собой образов, равно числу входов. Значения входных переменных находятся в множестве  $\{-1; 1\}$ . Выходные значения подаются по обратным связям на входы нейронов второго слоя, включая свой собственный [4].

Для того, чтобы провести эксперимент и сравнить результаты процесса распознавания нейронными сетями Хопфилда и Хемминга, была разработана программа на языке программирования Java. Он обладает всеми необходимыми для моделирования работы нейронных сетей возможностями.

Для обучения нейронных сетей были созданы эталонные образцы римских цифр: I, II, III, IV, V.

Также было создано 2 разных набора «зашумлённых» образов, производных от этих эталонных цифр, в количестве 100 и 300 на каждую соответственно. Итого по 500 и 1500 образов в тестовых выборках в сумме.

Было произведено обучение нейронных сетей Хопфилда и Хемминга на обучающей выборке эталонных цифр. После этого на вход и той и другой сети были поданы тестовые выборки. Сравним полученные результаты (Таблица 1).

Из результатов проведенного эксперимента можно сделать вывод, что нейронная сеть Хемминга показывает более стабильную работу, чем нейронная сеть Хопфилда, и количество успешно распознанных образов для данной задачи у неё выше.



Таблица 1. Сравнение результатов экспериментов

Нейронная сеть	Символ	% распознавания в выборке 1 (500)	% распознавания в выборке 2 (1500)
Сеть Хопфилда	I	70%	75%
	II	84.4%	87.5%
	III	70%	74.1%
	IV	79.1%	80%
	V	85%	89%
Сеть Хемминга	I	88.8%	97%
	II	94.9%	98%
	III	88%	96.5%
	IV	89%	97.7%
	V	89.5%	98.9%

### Литература

1. [https://cybernetics.wikia.org/ru/wiki/Нейронная\\_сеть\\_Хопфилда](https://cybernetics.wikia.org/ru/wiki/Нейронная_сеть_Хопфилда) [Электронный ресурс].
2. Уоссермен, Ф. Нейрокомпьютерная техника: теория и практика [Текст]:Изд-во Мир, 1992 – 236 с.
3. <https://neuronus.com/theory/nn/965-nejronnye-seti-khemminga.html> [Электронный ресурс].
4. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации [Текст] / Осовский С.: Пер. с польского И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.

А.М. Ольшанский, Г.А. Довгерд

## СИНТЕЗ УПРАВЛЕНИЯ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ ДЛЯ ИНС КОХОНЕНА

(АО «НИИАС», НИУ «Московский Авиационный Институт (МАИ)»)

В мировой и отечественной научной практике часто встречаются задачи, в которых искусственная нейронная сеть выступает в роли генератора управляющих сигналов. Однако сама она, как правило, не выступает в роли объекта управления.

Цель настоящей работы – рассмотреть ИНС Т. Кохонена[1] как объект управления.

С помощью сетей Кохонена производится кластеризация объектов, описываемых количественными характеристиками.

В отличие от классических линейных систем управления [2], сеть Кохонена является системой ненаблюдаемой. Поэтому для получения функций, заменяющих функции состояния, был введен искусственный прием – сформирована программная структура, фиксирующая значение потенциала



каждого из трех нейронов Кохонена на каждой эпохе обучения. Таким образом, были построены ряды  $E(t)$ , примеры которых отражены ниже.

Таким образом, аппроксимирующая функция может быть представлена в виде:

$$A_0 e^{-\beta t}$$

где  $A_0$  – начальное значение функции выхода нейрона,  $\beta$  – скорость убывания потенциала нейрона.

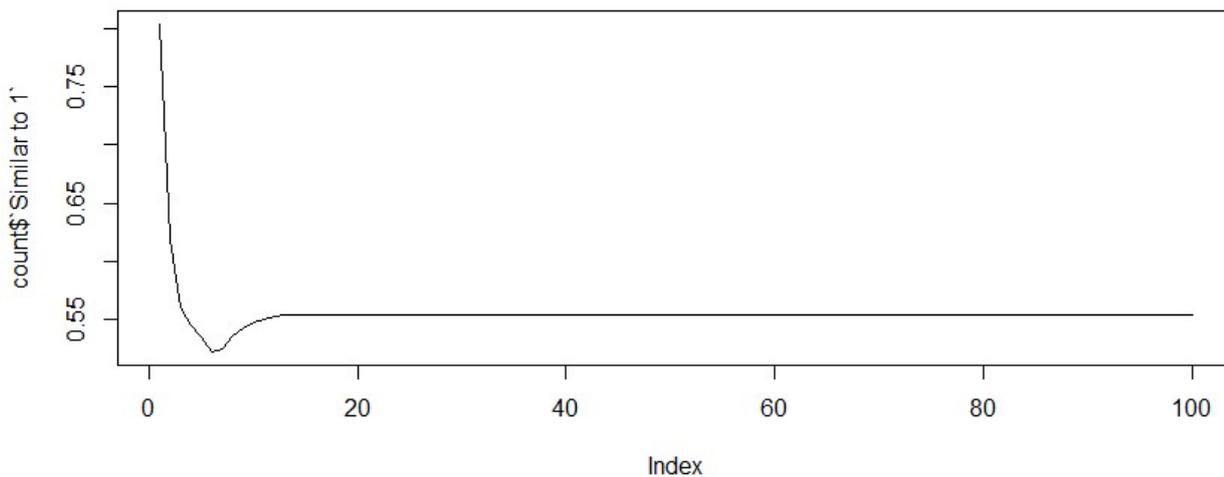


Рис.1. График поведения потенциала нейрона Кохонена (по результатам экспериментов)

Зададим дифференциальное уравнение потенциала нейрона Кохонена как

$$\frac{\partial \varphi^B}{\partial E} = A_0 e^{-\beta t} + u(t, E(t)) \quad (1)$$

где  $t \in [0; 10]$ ,  $E(t_0) = E_0$ ,  $\beta = -0.02$ ,  $u(t) \in R$  – управление, и функционал:

$$I = \int_{t_0}^{t_1} u^2(t, E(t)) dt + E(t_1) \rightarrow \min \quad (2)$$

Решаем уравнение Беллмана, смысл которой состоит не только в минимизации управления, но и в нахождении минимального остаточного значения потенциала нейрона в момент окончания управления [2].

Граничное условие к уравнению Беллмана целесообразно описывать как

$$\varphi(t_1, E) = -E(t) \quad (3)$$

Выписываем уравнение Беллмана:

$$\max_u \left\{ \frac{\partial \varphi(t, E)}{\partial t} + \frac{\partial \varphi(t, E)}{\partial E} (A_0 e^{-\beta t} + u) - u^2 \right\} = 0 \quad (4)$$

где  $u = u(t, E)$  – искомое управление с обратной связью,  $\varphi(t, E)$  – функция Беллмана.



Находим структуру оптимального управления из условия максимума выражения в фигурных скобках по управлению. Применяя необходимое условие безусловного экстремума:  $\frac{\partial \{ \}}{\partial u} = \frac{\partial \varphi(t, E)}{\partial E} - u = 0$ , получаем  $u^* = \frac{1}{2} \frac{\partial \varphi(t, E)}{\partial E}$ .

Подставляем полученное выражение для управления в уравнение Беллмана:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \varphi(t, E)}{\partial t} + \frac{\partial \varphi(t, E)}{\partial E} \left( A_0 e^{-\beta t} + \frac{1}{2} \frac{\partial \varphi(t, E)}{\partial E} \right) - \left( \frac{1}{2} \frac{\partial \varphi(t, E)}{\partial E} \right)^2 = 0 \\ \frac{\partial \varphi(t, E)}{\partial t} + \frac{\partial \varphi(t, E) A_0 e^{-\beta t}}{\partial E} - \frac{1}{4} \left( \frac{\partial \varphi(t, E)}{\partial E} \right)^2 = 0 \end{aligned} \quad (5)$$

Учитывая, что функция  $A_0$  для каждого момента времени может быть вычислена, обозначим ее как  $C = A_0 e^{-\beta t}$ .

Тогда вычисление выражения (5) будет производиться в узлах следующей таблицы с заданным шагом:

Таблица 1. – Значения параметра  $C$  для различных моментов времени

t	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
C	0,8	0,792	0,784	0,776	0,769	0,761	0,753
t	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5
C	0,746	0,738	0,731	0,724	0,717	0,710	0,702
t	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10
C	0,695	0,689	0,682	0,675	0,668	0,662	0,655

Предположим, для поиска решения, что  $\varphi^B(t_1, E) = K_B(t)E$ , тогда:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \varphi^B}{\partial t} &= K'_B(t)E \\ \frac{\partial \varphi^B}{\partial E} &= K_B(t) \end{aligned}$$

Получаем выражение следующего вида:

$$K'_B(t) + CK_B(t) + \frac{1}{4} K_B^2(t)E = 0 \quad (6)$$

Продифференцируем полученное уравнение по времени, в результате получим необходимость решить линейное однородное дифференциальное уравнение второго порядка:

$$K''_B(t)E + CK'_B(t) + \frac{1}{2} K_B(t) = 0 \quad (7)$$

Примем  $E=1$  для удобства вычислений и основываясь на полученных расчетных данных о характере изменения потенциала нейронов Кохонена.

Поиск решений сводится к записи характеристического уравнения и нахождению его корней.

Для всех значений, указанных в таблице 1, наблюдается наличие двух сопряженных комплексных корней, следовательно, общий вид решения будет записан в виде:

$$K_B(t) = e^{Re(\lambda)t} (C_1 \cos(Im(\lambda)t) + C_2 \sin(Im(\lambda)t)) \quad (8)$$



где  $\lambda$  – пара комплексно сопряженных корней характеристического уравнения.

Для узлов, указанных в таблице 1, динамика траекторий функции Беллмана показана на рис.2.

Таким образом, проведенное исследование показало следующее:

1. Нейроны сети Кохонена показали себя как управляемые по выходу объекты, равно как и нейронные сети с переменной проводимостью сигнала[3].

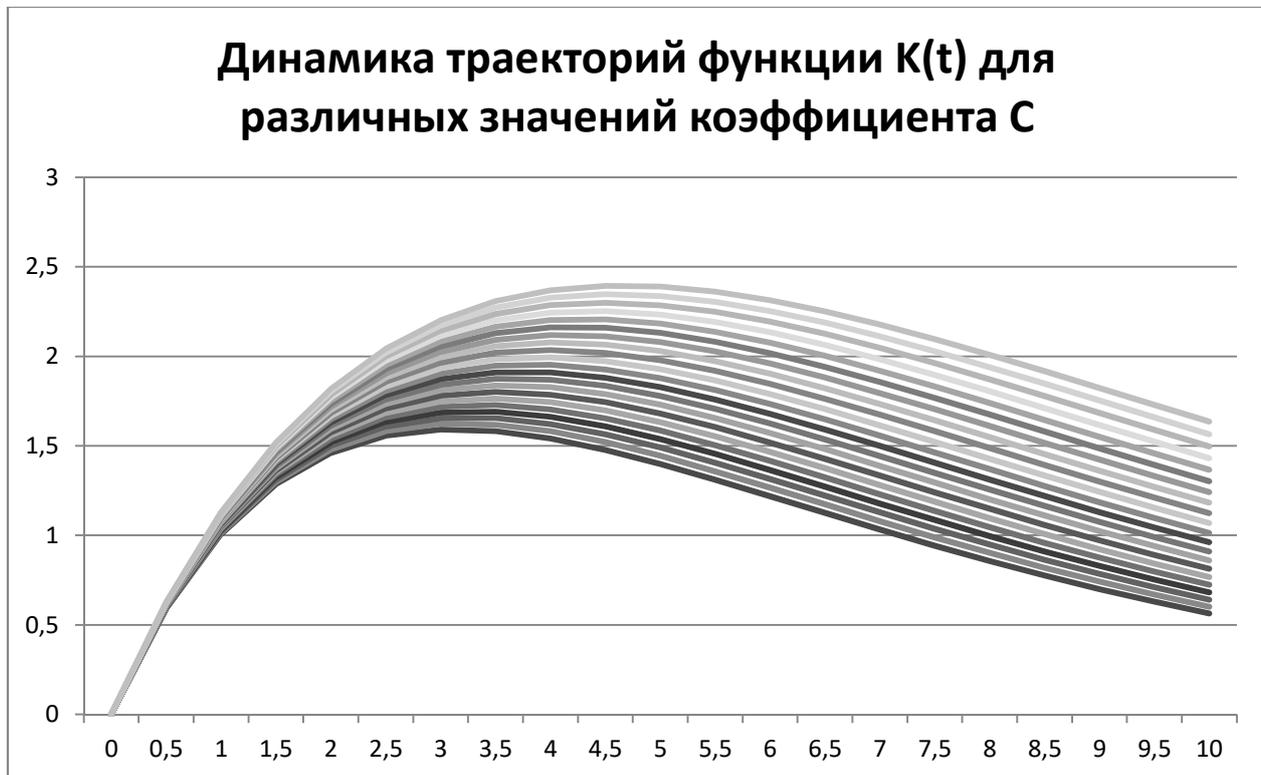


Рис. 2. График функций коэффициента обратной связи при различных константах  $C$ , отражающих поведение нейронов Кохонена для разных промежутков времени

2. Для заданного значения величины потенциала нейрона  $E$  и в пределах заданного интервала времени  $t \in [t_0; t_1]$  с шагом  $\Delta t$  управление строится путем реализации соответствующей кривой коэффициента  $K(t)$ , с учетом того, что в момент увеличения отсчета времени на  $\Delta t$  необходимо перейти на следующую кривую. В таком виде полученное управление идентично программному управлению.

### Литература

1. Горбаченко В.И. Сети и карты Кохонена. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://gorbachenko.self-organization.ru/>
2. Теория управления в примерах и задачах: Учебное пособие/А.В. Пантелеев, А.С. Бортакровский. М.: Высшая школа, 2003, 583 с.: ил. ISBN 5-06-004136-0.



3. Ольшанский, А.М., Игнатенков, А.В. О построении квазихопфилдовской искусственной нейронной сети для решения задач упорядочения процессов [Текст]./А.М.Ольшанский, А.В. Игнатенков//В сб.: Перспективные информационные технологии (ПИТ 2015): труды Международной научно-технической конференции. – Самара, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва. 2015. С. 73-78.

С.А. Онисич, О.П. Солдатова

## РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ КЛАССИФИКАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННОЙ НЕЧЕТКОЙ СЕТИ МАМДАНИ-ЗАДЕ

(Самарский университет)

Использование методов машинного обучения для решения задач классификации, в том числе и на основе математической логики, давно стало эффективным методом решения данного класса задач. Однако за прошедшее время стали очевидны недостатки используемой классической логики, и поэтому очевидным шагом стал переход к применению нечеткой логики.

Нечеткой логикой называют логику многозначную, в отличие от логики бинарной, т.е. имеющей только два возможных значения (0, обозначающее ложь, и 1, обозначающее истину). В нечеткой логике значение находится на отрезке от 0 до 1, обозначает степень принадлежности чёткой переменной нечёткому множеству значений и рассчитывается при помощи функций фаззификации [1].

Нечеткая логика была разработана, чтобы позволить вычислительным системам определять различия между данными, которые не являются строго истинными или строго ложными. Преимущества нечеткой логики – в частности, более высокая помехоустойчивость – позволяют более эффективно решать задачу классификации в условиях пересекающихся классов.

Тем не менее, использование нечеткой логики ограничено неоднозначностью реализации ее основных операторов: T- и S-норм и импликации.

T-норма определяется как отображение  $T: [0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1]$ , удовлетворяющее следующим аксиомам:

– граничные условия

$$T(0,0) = T(0,1) = T(1,0) = 0,$$

$$T(x, 1) = x;$$

– коммутативность

$$T(x, y) = T(y, x);$$

– ассоциативность



$$T(T(x, y), z) = T(x, T(y, z));$$

– МОНОТОННОСТЬ

$$T(x, y) \leq T(x, z), \text{ если } y \leq z.$$

S-норма, или T-конорма, определяется как отображение  $S: [0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1]$ , удовлетворяющее следующим аксиомам:

– граничные условия

$$S(1,0) = S(0,1) = T(1,1) = 1,$$

$$S(x, 0) = x;$$

– КОММУТАТИВНОСТЬ

$$S(x, y) = S(y, x);$$

– АССОЦИАТИВНОСТЬ

$$S(S(x, y), z) = S(x, S(y, z));$$

– МОНОТОННОСТЬ

$$S(x, y) \leq S(x, z), \text{ если } y \leq z [2].$$

Исходя из приведенных определений,

$$\begin{aligned} \mu_A(x) \otimes \mu_B(y) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(y)\} & \quad \mu_{A \rightarrow B}(x, y) = 1, \text{ если } \mu_A(x) \leq \mu_B(y), & \text{если} \\ \mu_A(x) > \mu_B(y) & \quad \mu_{A \rightarrow B}(x, y) = \mu_B(y), \text{ если } \mu_A(x) > \mu_B(y), & \text{если} \end{aligned} \quad (1),$$

$$\begin{aligned} \mu_A(x) \otimes \mu_B(y) = \mu_A(x) \cdot \mu_B(y) & \quad \mu_{A \rightarrow B}(x, y) = \frac{\mu_B(y)}{\mu_A(x)}, \text{ если } \mu_A(x) > \mu_B(y), & \text{если} \\ \mu_A(x) > \mu_B(y) & \quad \mu_{A \rightarrow B}(x, y) = \min\{1, 1 - \mu_A(x) + \mu_B(y)\}, & \end{aligned} \quad (2),$$

$$\begin{aligned} \mu_A(x) \otimes \mu_B(y) = \max\{0, \mu_A(x) + \mu_B(y) - 1\} & \quad \mu_{A \rightarrow B}(x, y) = \min\{1, \mu_A(x) + \mu_B(y)\}, & \end{aligned} \quad (3):$$

$$\left\{ \begin{aligned} \mu_A(x) \otimes \mu_B(y) &= \min\{\mu_A(x), \mu_B(y)\} \\ \mu_{A \rightarrow B}(x, y) &= \begin{cases} 1, & \text{если } \mu_A(x) \leq \mu_B(y) \\ \mu_B(y), & \text{если } \mu_A(x) > \mu_B(y) \end{cases} \\ \mu_A(x) \oplus \mu_B(y) &= \max\{\mu_A(x), \mu_B(y)\} \end{aligned} \right. \quad (1)$$

$$\left\{ \begin{aligned} \mu_A(x) \otimes \mu_B(y) &= \mu_A(x) \cdot \mu_B(y) \\ \mu_{A \rightarrow B}(x, y) &= \begin{cases} 1, & \text{если } \mu_A(x) \leq \mu_B(y) \\ \frac{\mu_B(y)}{\mu_A(x)}, & \text{если } \mu_A(x) > \mu_B(y) \end{cases} \\ \mu_A(x) \oplus \mu_B(y) &= \mu_A(x) + \mu_B(y) - \mu_A(x) \cdot \mu_B(y) \end{aligned} \right. \quad (2)$$

$$\left\{ \begin{aligned} \mu_A(x) \otimes \mu_B(y) &= \max\{0, \mu_A(x) + \mu_B(y) - 1\} \\ \mu_{A \rightarrow B}(x, y) &= \min\{1, 1 - \mu_A(x) + \mu_B(y)\} \\ \mu_A(x) \oplus \mu_B(y) &= \min\{1, \mu_A(x) + \mu_B(y)\} \end{aligned} \right. \quad (3)$$

где « $\otimes$ » обозначает T-норму. « $\oplus$ » - S-норму, « $\rightarrow$ » - импликацию, а  $\mu_A(x)$  и  $\mu_B(y)$ , степени принадлежности переменных  $x$  и  $y$  нечётким множествам  $A$  и  $B$  соответственно.

Для реализации была выбрана нейронная нечеткая сеть Мамдани-Заде, описанная в работе [3]. Структура используемой сети представлена на Рис. 1.

Для выбранной сети используются следующие ограничения:

- входные переменные являются четкими;
- функции фаззификации – функции Гаусса;



- декартово произведение – в форме минимума;
- дефаззификация не производится.

Используемая модель является четырехслойной. Первый слой реализует фаззификацию по функции Гаусса N-мерного (в модели на рисунке – четырехмерного) входного вектора. Следующий слой агрегирует условия правил вывода в соответствии с операцией T-нормы. Третий слой реализует операцию нечеткой импликации. Этот слой является параметрическим; в процессе обучения подбираются параметры  $v_k$ , соответствующий степени принадлежности заключения  $k$  – го правила вывода  $\mu_{B_k}(y^k)$ . Четвертый слой проводит агрегирование правил вывода для каждого класса выходных векторов в соответствии с используемой интерпретацией S-нормы. В отличие от описанной в [3] сети, используемая в данной работе сеть для вычисления выходного класса использует значения, полученные всеми функциями принадлежности, для чего используются веса связи, обозначенные  $z_{ij}$ . Таким образом, этот слой также является параметрическим.

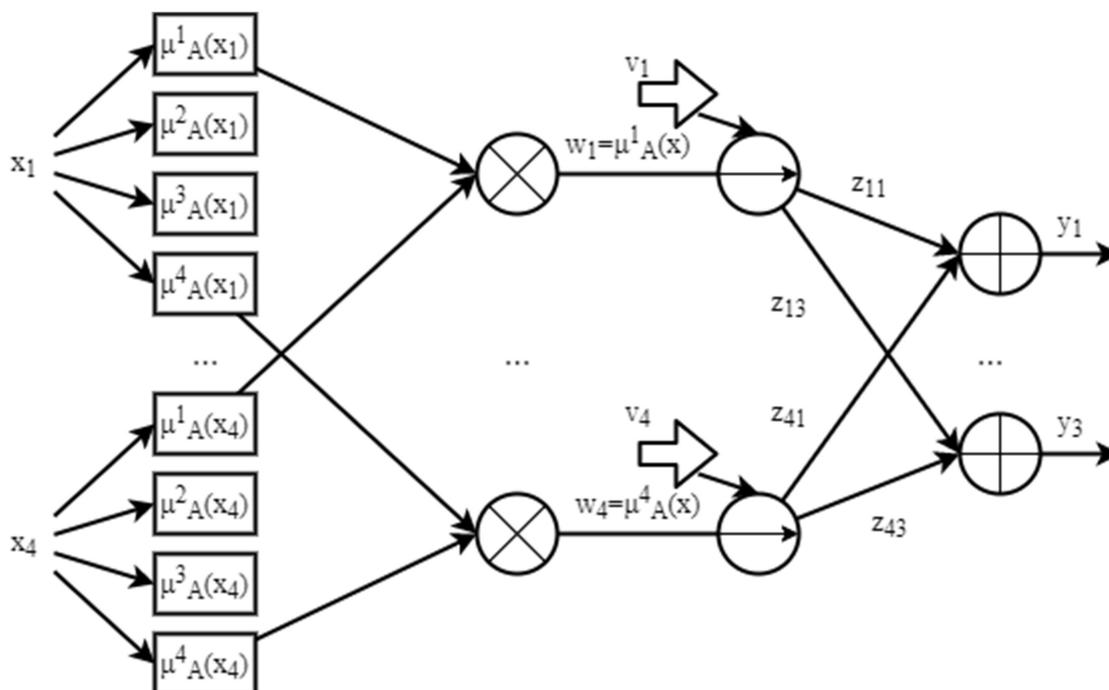


Рис. 1. Структура нейронной нечеткой сети Мамдани-Заде

Для экспериментальных исследований был выбран набор данных «Ирисы Фишера». Ирисы Фишера состоят из данных о 150 экземплярах ирисов, по 50 экземпляров трёх видов – ирис щетинистый (англ. *Iris setosa*), ирис виргинский (англ. *Iris virginica*) и ирис разноцветный (англ. *Iris versicolor*). Для каждого экземпляра измерялись четыре характеристики. Один из классов (*Iris setosa*) линейно отделим от двух остальных. Для обучения использовались 90 образцов ( $\approx 60\%$ ), а оставшиеся 60 образцов – использовались для тестирования качества решения задачи.



В качестве алгоритма обучения используется алгоритм роя частиц. Этот алгоритм является эвристическим и не использует значение производной, что позволяет использовать в нечетких операторах не дифференцируемые функции.

В качестве функции погрешности используется значение бинарной кросс-энтропии. Кросс-энтропия показывает расхождение между двумя вероятностными распределениями. В случае бинарной кросс-энтропии (т.е. если каждое из распределений может иметь лишь одно из двух значений), ее можно найти по формуле:  $H_p(q) = -\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i \cdot \ln(p(y_i)) + (1 - y_i) \cdot \ln(1 - p(y_i))$  [4], где  $H_p(q)$  – значение кросс-энтропии между распределениями  $p$  и  $q$  (т.е. между целевым и полученным векторами);  $N$  – размер выходного вектора;  $y_i$  – значение, находящееся в целевом векторе на  $i$ -том месте;  $p(y_i)$  – значение, находящееся в результирующем векторе на  $i$ -том месте.

Полученные результаты представлены на рисунках 2 – 4.

На основании приведенных ниже данных можно прийти к следующим выводам:

- при использовании алгебры Гёделя после 200 эпох обучения значение кросс-энтропии в среднем на 0,1 – 0,15 выше, чем при использовании алгебр Гогена и Лукашевича;
- использование алгебры Гогена позволяет добиться более быстрого уменьшения значения кросс-энтропии;
- использование алгебры Лукашевича позволяет добиться меньшего значения кросс-энтропии при продолжительном обучении.

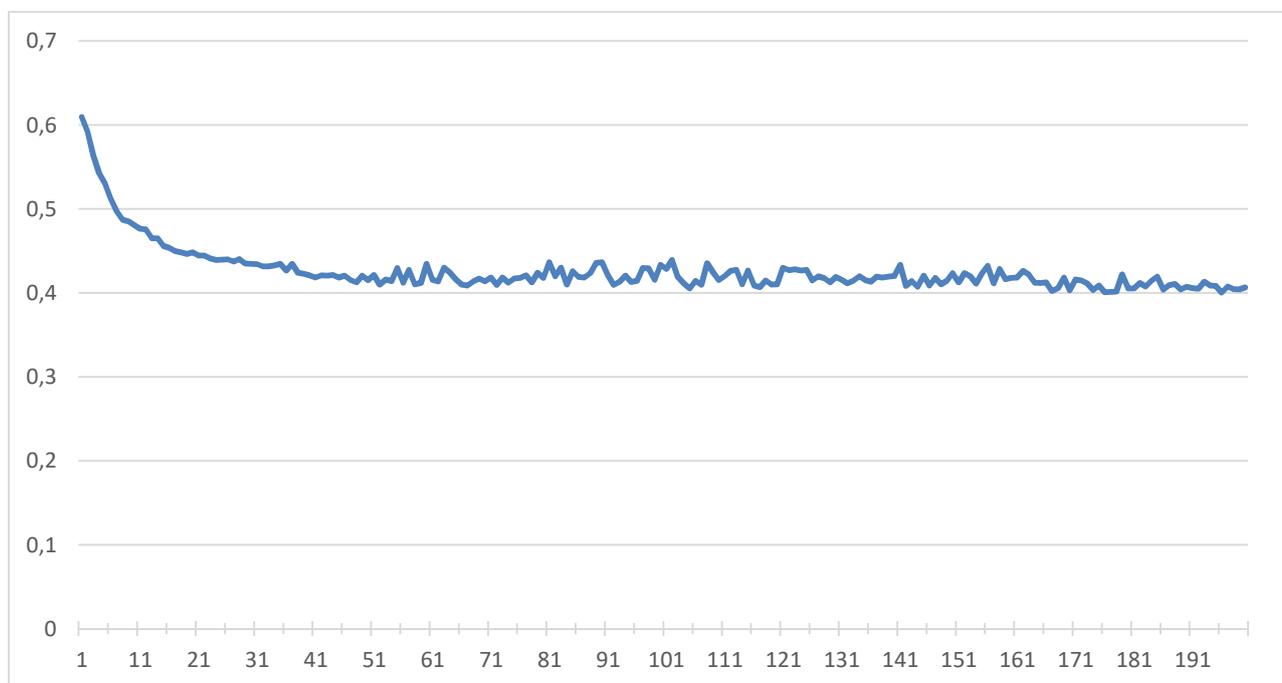


Рис. 2. Уменьшение функции погрешности в зависимости от числа эпох обучения сети при использовании алгебры Гёделя

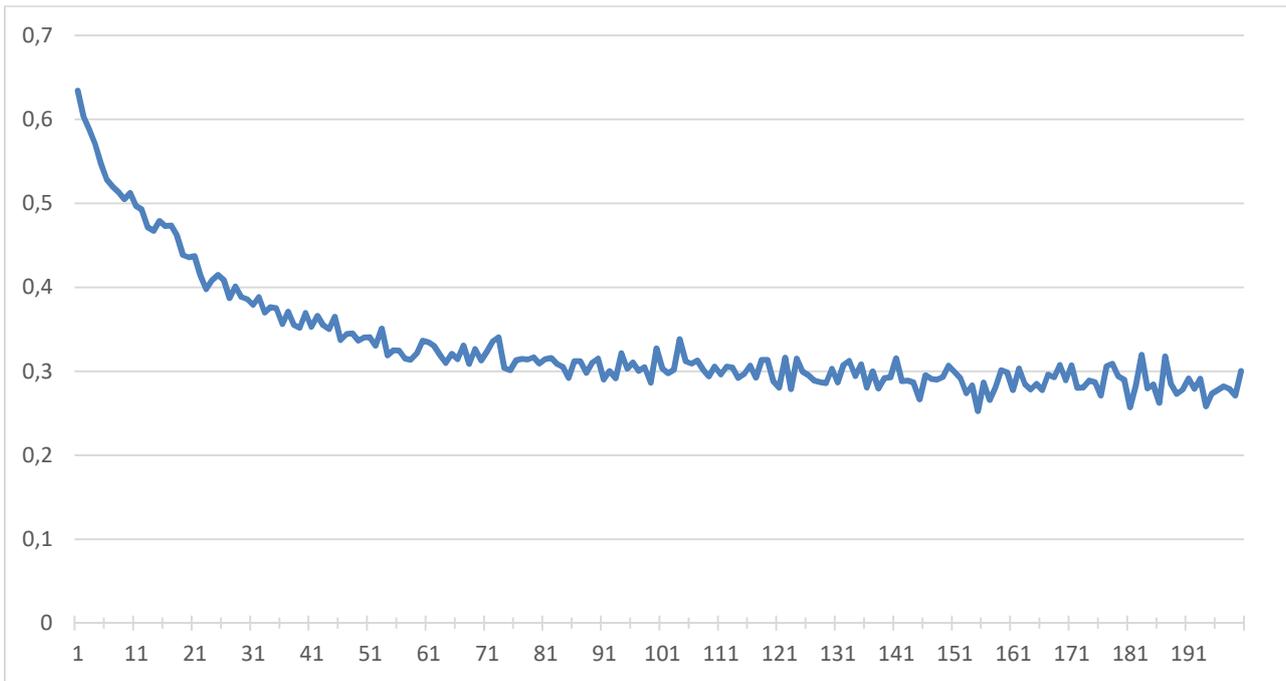


Рис. 3. Уменьшение функции погрешности в зависимости от числа эпох обучения сети при использовании алгебры Гогена

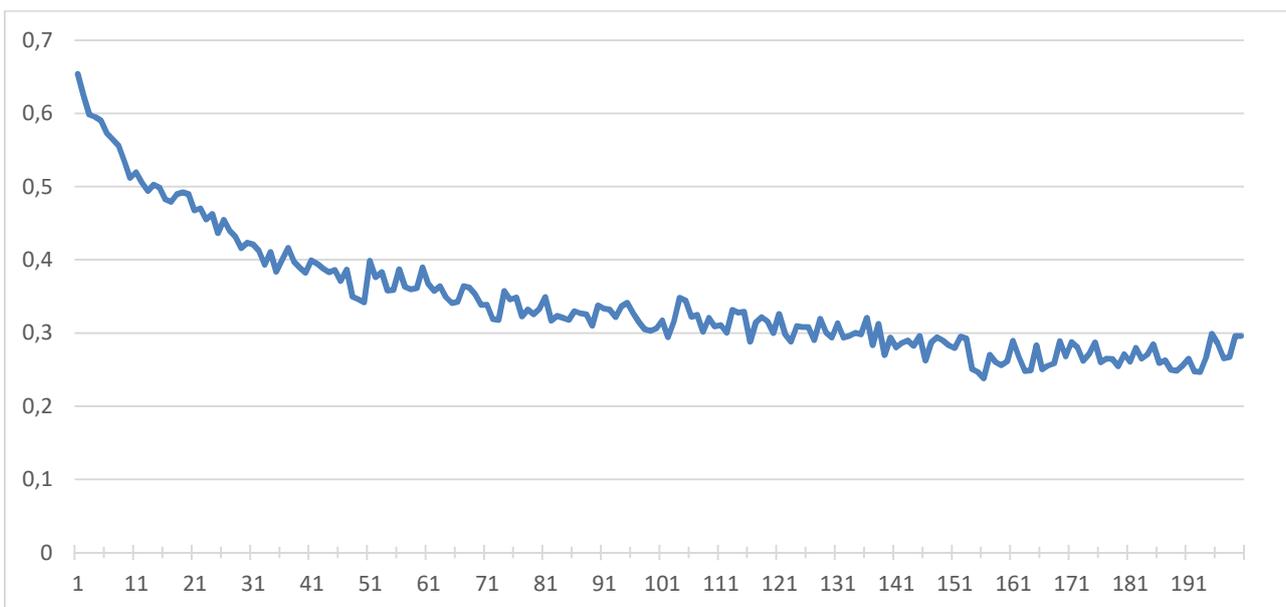


Рис. 4. Уменьшение функции погрешности в зависимости от числа эпох обучения сети при использовании алгебры Лукашевича

### Литература

1. What is Fuzzy Logic? - Definition from Techopedia [Электронный ресурс] // Techopedia: [сайт]. URL: <https://www.techopedia.com/definition/1809/fuzzy-logic> (дата обращения: 02.04.2020).

2. Коновалов А.С., Шумилов П.Е. Параметрические максиминные операторы конъюнкции и дизъюнкции в нечеткой логике // Информационно-управляющие системы, № 1, 2003. С. 4-10.



3. Солдатова О.П., Лёзин И.А. Исследование качества решения задачи классификации нейронными нечёткими продукционными сетями на основе модели вывода Мамдани–Заде // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Технические науки», № 2(35), 2014. С. 136-148.

4. Understanding binary cross-entropy / log loss: a visual explanation [Электронный ресурс] // Towards Data Science: [сайт]. - URL: <https://towardsdatascience.com/understanding-binary-cross-entropy-log-loss-a-visual-explanation-a3ac6025181a> (дата обращения: 02.04.2020).

Е.В. Орлова

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ КЛАСТЕРИЗАЦИИ В КРЕДИТНОМ СКОРИНГЕ

(Уфимский государственный авиационный технический университет)

**Аннотация.** Осуществляется сравнительный анализ методов машинного обучения при формировании однородных кластеров кредиторов в задаче кредитного скоринга. Показана большая устойчивость метода  $k$ -средних по сравнению с методов кластеризации, основанным на самоорганизующихся картах Кохонена.

**Ключевые слова:** машинное обучение, метод  $k$ -means, метод ANN.

Для проведения мониторинга платежеспособности клиентов кредитные организации используют скоринговые модели, с помощью которых на основе анализа предыдущих кредитных историй составляется рейтинг заемщиков и определяется вероятность возврата кредита в срок потенциальным заемщиком. Одной из основных проблем при этом и как как составная часть модели кредитного скоринга кредитная организация должна разделить своих клиентов на однородные группы, имеющих одинаковые кредитные портреты, с последующим определением рисковой составляющей кредиторов в каждой однородной группе, а также дальнейшего выявления и моделирования влияния существенный факторов на возможные риски неплатежей у клиентов каждой группы [1-4]. Исследование и сравнительный анализ методов кластеризации, пригодных для решения поставленной задачи показал следующие результаты.

Модельные эксперименты проводятся с использованием статистической информации о кредитных историях клиентов кредитной организации с использование программы статистической обработки данных Statistica 7.0. Особенности изучаемых данных состоят в их разнородности и многомерности. Исследуемая модельная выборка включает данные по 38 клиентам и состоит из следующих показателей, характеризующих заемщиков: срок кредита (*month*), сумма кредита (*value*), пол (0 – женщина, 1 – мужчина), возраст (*age*), количество детей (*children*), средний доход (*income*), а также каждому заемщику присвоим переменную *problems*, характеризующую наличие или



отсутствие проблем с возвратом кредита (0 – проблема отсутствует, 1 – проблема существует).

Так как в задаче кластеризации количество кластеров заранее неизвестно и выборка клиентов достаточно разнородная, то для получения более обоснованного разбиения на кластеры используем для сравнения другой метод машинного обучения – Automated Neural Networks, ANN и проведем сравнительную оценку эффективности двух методов для получения кластеров клиентов – методы k-средних и Automated Neural Networks метод.

Для получения количества групп (кластеров) будем использовать самоорганизующиеся карты Кохонена (Self-organizing map) – нейронную сеть с обучением без учителя. Разделим исходную совокупность на три подвыборки – первая – train sample в объеме 70 % от совокупного объема выборки, которая используется для обучения нейронной сети и подстройки ее весов. Вторая подвыборка – тестовая, ее объем составляет 15 %, используется для проверки правильности обучения и переобучения. Третья подвыборка – валидационная, служит для оценки точности нейронной сети на «новых данных». Сначала топологическая размерность сети задается 5\*5 нейронов. В результате моделирования показано, что можно четко выделить четыре класса клиентов, так как именно четыре нейрона описали большую часть исходных данных.

Результаты кластеризации, полученные на основе метода Automated Neural Networks, представлены в таблице 1.

Таблица 1. Описательные статистики сформированных кластеров (Automated Neural Networks)

Клас-тер	Количес-тво клиентов	Номер клиента	Описательные статистики переменной month		Описательные статистики переменной value	
			Среднее значение	Среднеквадратическое отклонение	Среднее значение	Среднеквадратическое отклонение
1	7	22, 23, 26-29, 38	33,4	15,44	327142,9	76313,9
2	2	20, 21	6	0	175000	35355,3
3	11	17-19, 25, 31-37	40,4	20,9	69545,5	25734,7
4	18	1-16, 24, 30	14,6	12,26	22222,2	8292,8

Статистические характеристики – среднее значение, стандартное отклонение для каждого класса по каждому из исследуемых признаков показаны, а также количество объектов в каждом классе, полученные по методу k-средних, показаны в таблице 2.



Таблица 2. Описательные статистики сформированных кластеров  
(метод k-средних)

Клас-тер	Количес-тво клиентов	Номер клиента	Описательные статистики переменной month		Описательные статистики переменной value	
			Среднее значение	Среднеквадратическое отклонение	Среднее значение	Среднеквадратическое отклонение
1	7	1-16, 24, 30	33,4	15,44	327142,9	76313,9
2	6	17-21, 37	16	15,95	125000	41833,0
3	7	25, 31-36	51,4	13,35	52142,9	11495,3
4	18	22, 23, 26-29, 38	14,6	12,26	22222,2	8292,8

Сравнительный анализ результатов кластеризации (табл. 1 и 2) демонстрирует, что первый и четвертый кластеры имеют одинаковый состав заемщиков и одинаковые значения всех статистических показателей – средние, отклонения, коэффициенты вариации. Третьи кластеры по составу заемщиков похожи, но вторые кластеры в кластеризации на базе метода k-means объединил шестерых заемщиков, а Automated Neural Networks метод – всего двоих. Кроме этого коэффициент вариации показателя объем кредитования в третьем кластере заемщиков показывает их значительную неоднородность в случае использования Automated Neural Networks метода.

Для более обоснованного выбора одного из методов кластеризации и получения однородных групп заемщиков был проведен дополнительно анализ устойчивости используемых методов. Для этого в выборку данных была введена дополнительная бинарная переменная, отражающая проблемность заемщика. Далее сформированы с учетом этого нового фактора новые разбиения на кластеры. Кластеризация на основе метода k-means показала большую стабильность групп с позиции их одинакового состава до и после введения нового фактора, чем кластеризации на основе Automated Neural Networks.

Поэтому для решения поставленной нами задачи кластеризации клиентов в задаче кредитного скоринга и формирования их однородных групп выбирается метод k-means.

### Литература

1. Орлова Е.В. Оценка кредитного риска на основе методов многомерного анализа // Компьютерные исследования и моделирование. 2013. Том 5. № 5. С. 893-901.
2. Orlova E.V. Economic Efficiency of the Mechanism for Credit Risk Management. Proceedings of the Workshop on Computer Modelling in Decision Making (CMDM 2017), CEUR Workshop Proceedings. 2017, 2018, 139–150.
3. Orlova E.V. Mechanism for Credit Risk Management. Proceedings of the 30th International Business Information Management Association Conference



(IBIMA). Vision 2020: Sustainable Economic development, Innovation Management, and Global Growth, Madrid. 2017, 827-837.

4. Orlova E.V. Decision-Making Techniques for Credit Resource Management Using Machine Learning and Optimization // Information. 2020. Vol. 11(3). DOI: 10.3390/info11030144

Н.А. Паренский, Р.А. Парингер

## ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ В ВИДЕОПОТОКЕ

(Самарский университет)

**Аннотация.** Данная статья посвящена исследованию различных алгоритмов обнаружения движения в видеопотоке. Сравнение алгоритмов в трех разрешениях на компактных вычислительных модулях Raspberry Pi 3 Model B и Nvidia Jetson nano по количеству кадров в секунду. Выбор наилучшего алгоритма по отношению качества видео к кадрам в секунду.

### Введение

Задача детектирования движущихся объектов является актуальной в современном мире. Её применение можно найти в таких задачах как отслеживание людей в видеопотоке, жестов человека, мимики человека, отслеживание автомобилей в движении, охранных системах, в видеосистемах для госорганов, развлекательно по, робототехнике. Систему видеонаблюдения будет моделировать на компактных вычислительных устройствах RaspberryPi 3 Model B и Nvidia Jetson nano. Задаче является изучить возможности двух данных устройств для построения системы видеонаблюдения с детектирование движущихся объектов с разрешением видео в трех форматах 1920x1080, 1280x720, 640x480 и прийти к выводу какой из заданных разрешений позволит получить плавный видео поток с детектирование движения.

### Методы детектирования движения

**Метод вычитания фона [1].** Один из трех способов детектирования движения. В основе заложено вычитание фонового кадра, который является первым кадром в видеопотоке, из следующих кадров. Тем самым мы разделяем кадр на передний план, где происходит само движение и задний, то, что является первоначальным кадром. Данный метод очень чувствителен к различным изменениям в видеопотоке. Одним из примеров будет являться освещение, которое будет изменяться с течением времени, что приведет к тому, что все изображение будет как бы в движении. Поэтому данный метод подходит для мест с одинаковым постоянным окружением.

**Метод усредненного фона [1].** Данный метод является улучшенной версией метода вычитания фона. Основным действием является вычитание первоначального кадра из последующих, но за исключением, что



первоначальный кадр будет являться усредненным из нескольких кадров в видеопотоке, который будет изменяться с течением времени работы программы. Данный метод не так чувствителен, как предыдущий, из-за усредненного фона, что позволяет использовать данный метод в системах видеонаблюдения в местах с изменяемым освещением при медленном изменении фона.

**Метод низкочастотного фильтра рекурсивного сглаживания [1].** Метод низкочастотного фильтра рекурсивного сглаживания, который, как и метод усредненного фона берет последовательность кадров как фон. Исключением данного метода является то, что начальные кадры не учитываются, а учитываются лишь несколько предыдущих. Особенностью данного метода является то, что считается наличие коэффициента использования текущего кадра. Чем больше значение коэффициента, тем больше влияние текущего кадра. Данный метод очень зависим от предыдущих кадров, что может сказаться на некоторых шумах от самого движущегося объекта, но данный метод хорош при быстро-сменяющемся фоне.

### Постановка эксперимента

Для эксперимента подготовили два устройства Raspberry Pi 3 Model B и Nvidia Jetson nano, с заранее записанным видеопотоком и запрограммированные на python три вышесказанных метода.

Таблица 1

	<b>Raspberry Pi 3 Model B</b>	<b>Nvidia Jetson nano</b>
Производительность	1	1,67
Процессор	64-битный 4-ядерный ARM Cortex-A53 с тактовой частотой 1,2 ГГц	64-битный 4-ядерный ARM Cortex-A57 MPCore с тактовой частотой до 1,42 ГГц
Графический процессор	Broadcom VideoCore IV	NVIDIA Maxwell с 128 ядрами NVIDIA CUDA
Оперативная память	1ГБ LPDDR2	4 Гб LPDDR4
Micro Sd карта	32 Гб	16 Гб

После запуска программы, она проходит несколько этапов. Первый, пробный этап, когда запускается видео поток на устройствах в различном разрешении без обработки, чтобы посмотреть количество кадров, выдаваемых изначально. Следом, этапы, где запускаются методы детектирования изображения. Все этапы проходят с изменением разрешения входного видеопотока. Сначала у видеопотока изменяется разрешение для увеличения производительности, изменяем цветовую палитру на серые тона, потом накладываем Гауссовский блюр, который размывает изображения, что убрать мелкие детали способные повлиять на стабильную работу методов, вычитаем слои, чтобы убрать фон с изображения и оставить лишь объекты переднего



плана. Выделяем их белым цветом. После в несколько итераций увеличиваем объем белых объектов на изображении для отрисовки границ, которые будут показывать движущийся объект.

### Результаты

Таблица 2. Таблица производительности методов детектирования движения (к/с)

	1920x1080		1280x720		640x480	
	Jetson	Raspberry	Jetson	Raspberry	Jetson	Raspberry
Пробный запуск	64.9	16.8	28.5	9.7	50.4	14.4
Метод вычитания фона	6.4	1.4	9.9	2.5	26.7	7.2
Метод усредненного фона	2.	0.5	4.1	1.1	13.8	3.7
Метод низкочастотного фильтра рекурсивного сглаживания	1.3	0.3	2.6	0.7	9.2	2.6

### Вывод

В целях эксперимента было исследовано влияние разрешения на производительность различных методов детектирования движения. Изначально было известна большая производительность Nvidia Jetson nan, чем у Raspberry Pi 3 Model B, поэтому данный эксперимент лишь показывает возможности данных устройств при использовании данных методов детектирования движения. Также было замечено, что нужно изменять разрешения входного видеопотока с использованием целых делителей, хотя бы по одному параметру разрешения видео, что позволит сократить или же совсем убрать использование интерполяцию. Данный параметр существенно увеличит производительность на любом устройстве. Для увеличения производительности также можно разделять каждый кадр видеопотока на несколько частей, что позволит распределить вычисления между ядра процессора. Следующим шагом в данной статье будет являться проверка точности детектирования движения в зависимости от разрешения входного видеопотока. Одним из способов определения объекта на видео, с помощью информации о цвете [2].

### Литература

1. Белясников С.А., Дорофеев Р.С. Методы обнаружения движущихся объектов в видеопотоке / Молодежный вестник ИрГТУ. – 2016. С. 1-5
2. Артемов А. А., Кавалеров М. В., Кузнецов Г. С. Проблема поиска объектов на изображениях с помощью компьютерного зрения на основе



информации о цвете / Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2011. – С. 70-79

3. Kulchandani J. S., Dangarwala K. J. Moving object detection: Review of recent research trends / 2015 International Conference on Pervasive Computing (ICPC). – 2015. – pp. 1-5

4. Mitrokhin, A. Event-based moving object detection and tracking / 2018 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS). – 2018. – pp. 1-9

5. Shijila B., Tom A. J., George S. N. Simultaneous denoising and moving object detection using low rank approximation / Future Generation Computer Systems. – 2019. – pp. 198-210

Е.Г. Плешаков, Л.С. Зеленко, Д.С.Оплачко

## РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ «НЕЙРОСЕТЕВОЙ КЛАССИФИКАТОР ТЕКСТОВ НА ЕСТЕСТВЕННОМ ЯЗЫКЕ»

(Самарский университет)

### Введение

Текстовое представление информации является наиболее часто используемым, особенно в сети интернет. Книги, статьи, новости, твиты, посты, – всё это различные формы текста. На множестве серверов хранятся терабайты, а порой и петабайты информации в текстовом виде. И с каждым днём количество текстовой информации продолжает расти. В таком большом объёме информации, которая чаще всего не структурирована, очень трудно найти текст по конкретной теме, что серьёзно обесценивает эту информацию.

Наиболее перспективным подходом при поиске текстовой информации на данный момент является машинное обучение, когда система на основе небольшой выборки размеченных данных сама создаёт правила для классификации и впоследствии на их основе присваивает категории новым текстам. Наиболее часто в качестве основы для систем классификации используется нейронная сеть [1].

### Структура нейросетевого классификатора текстов на естественном языке

Система классификации состоит из двух основных частей: частотный анализатор со словарем и нейросетевой классификатор, схема представлена на рисунке 1. На вход системы поступает текст, на выходе получаем тему (номер класса), которой посвящен этот текст.

Для решения задачи приведения слов к основной форме существует несколько способов: лематизация (все слова в тексте приводятся к нормальной форме (единственное число, именительного падежа)) и стеминг (выделение



основы слов путём отбрасывания приставок и окончаний), причем второй менее качественный, но более быстрый [2].

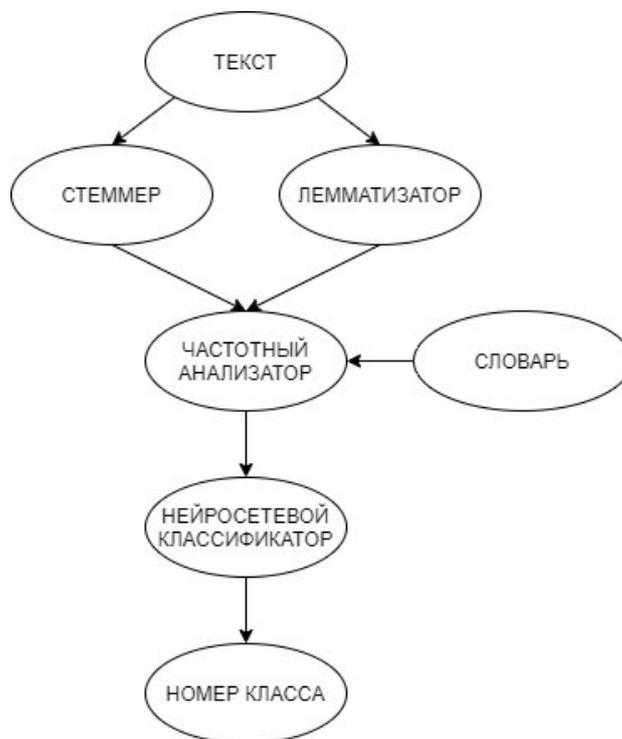


Рис. 1. Схема нейросетевого классификатора

Для уменьшения размерности вектора признаков текста применяется метод нормализованного частотного анализа или TF (Term Frequency) [2], когда значения частоты делятся на общее число слов в тексте, или метод TF-IDF (Inverse Document Frequency), данный метод не выбрасывает часто употребляемые слова из словаря, а уменьшает их вес в вектор-признаке [3]. Итоговая частотная характеристика выглядит как произведение частотной характеристики TF на коэффициент обратной частоты IDF.

Второй частью классификатора является нейронная сеть, которая классифицирует вектор частотных характеристик (точку в пространстве признаков), полученный с помощью частотного анализатора, т.е. разделяет все пространство признаков на определенное количество областей.

В качестве архитектуры нейронной сети была выбрана схема многослойного персептрона. Такая сеть состоит из множества наборов нейронов, называемых слоями. Множество входных узлов называют входным слоем сети, при этом сигнал двигается от слоя к слою в прямом направлении. На рисунке 2 представлен пример многослойного персептрона с двумя скрытыми слоями и с сигмоидами в качестве функции активации

Число входных нейронов равно размеру составленного словаря, а число выходных – количеству классов, число скрытых слоёв и нейронов в них устанавливается при создании сети. Для обучения сети использовался метод обратного распространения ошибки [4].

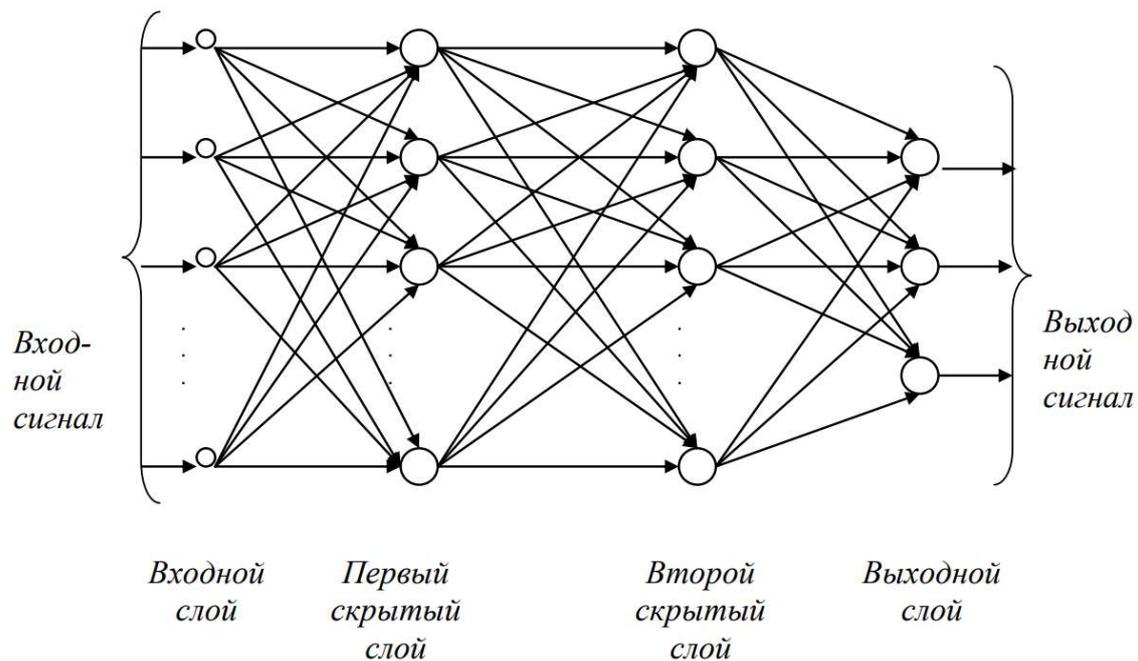


Рис. 2. Схема однослойного персептрона с двумя скрытыми слоями

### Проектирование автоматизированной системы для нейросетевой классификации текстов

Для автоматизации решения задачи нейросетевой классификации текстов была спроектирована система, структурная схема которой приведена на рисунке 3.

В состав системы входят следующие подсистемы:

1 Подсистема подготовки текста, которая отвечает за преобразование текста к виду, который может обрабатывать нейронная сеть. Она включает в себя:

- Подсистему чтения текста, которая отвечает за чтение текста из файлов.
- Подсистему предобработки текста, которая нормализует текст при помощи стеммера или лемматизатора.
- Подсистему частотного анализа, которая с помощью частотного словаря и частотного анализатора преобразует текст в вектор частот.

2 Подсистема работы с нейросетью, которая включает:

- Подсистему обучения, которая отвечает за обучение нейросети.
- Подсистему тестирования, которая отвечает за тестирование сети.

3 Подсистема интерпретации, которая преобразует выходной вектор значений нейросети к однозначному ответу.

4 Файловая подсистема, которая отвечает за работу с файлами;

5 Справочная подсистема, которая отвечает за выдачу справочной информации.



Рис. 3. Структурная схема системы

### Заключение

Разработанная система была апробирована на обучающей выборке из 1000 текстов, относящимся к 10 различным классам. На основании этого были определены оптимальные значения параметров нейронной сети, при которых процент распознавания находится в диапазоне 75-90%. Для получения таких результатов количество нейронов в первом скрытом слое должно составлять 100, во втором 25, коэффициент обучения должен быть равен 0,01.

### Литература

1 Нейроинформатика [Электронный ресурс]: учеб. пособие. Системные требования: Google Chrome – URL: [repo.ssau.ru/bitstream/Uchebnyeposobiya/Neiroinformatika-Elektronnyi-resurs-ucheb-posobie-55106/1/Солдатова%20О.П.%20Нейроинформатика.pdf](http://repo.ssau.ru/bitstream/Uchebnyeposobiya/Neiroinformatika-Elektronnyi-resurs-ucheb-posobie-55106/1/Солдатова%20О.П.%20Нейроинформатика.pdf) (дата обращения: 02.04.2020).

2 Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы [Электронный ресурс] / М. Пилиньский, Л. Рутковский, пер.: И.Д. Рудинский, Д. Рутковская. 2-е изд., стер. М.: Горячая линия-Телеком, 2015. 85 с.

3 Википедия TFIDF [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/TF-IDF> (дата обращения: 23.10.2019).

4 Осовский С. Нейронные сети для обработки информации. М.: Горячая линия–Телеком, 2017. 448 с.



О.Т. Петров

## ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МУЛЬТИАГЕНТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ РАСПИСАНИЯ УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

(Самарский университет)

*Ключевые слова: мультиагентные технологии, адаптивное планирование, планирование расписания, теория расписаний, диаграмма Ганта*

### **Введение**

Одним из решающих факторов успешного освоения курса обучения в любом массовом учебном заведении является правильно составленное расписание занятий в соответствии с учебным планом, ограничениями по распределению учебной нагрузки на обучающихся и преподавателей, с учетом времени на перемещение между аудиториями, перерывами на принятие пищи и др., с учетом загруженности аудиторий учебного заведения и их специализации, требуемым уровнем компетентности преподавателей и их рабочим графиком.

За последние годы, в связи с бурным развитием информационных технологий, вопрос автоматизации составления расписания поднимался много раз, и, на сегодняшний момент, создано и эксплуатируется множество программ автоматизированного планирования расписания, имеющих свои преимущества и недостатки. Дискуссионным остается вопрос эффективности использования для системы автоматического планирования генетических алгоритмов, теории графов или искусственного интеллекта, как на основе нейронной сети, так и на основе многоагентной технологии (MAS) [4, 6, 7, 8, 9]. Автором статьи проанализированы несколько решений и предлагается для автоматизации применить готовый программный комплекс - планировщик задач на основе многоагентной технологии с онтологической базой знаний, применительно к широко распространённой в Самарской области программы управления школой Net School (АСУ PCO), допускающей интеграцию стороннего программного обеспечения для решения задач, не достаточно обеспеченных программным комплексом, в частности автоматического составления расписания занятий.

### **Анализ проблемы составления расписания занятий**

Вопрос составления расписания актуален со времени организации учебных заведений, объединяющих на одной площадке с ограниченным набором аудиторий, как общего назначения, так и, специализированных лабораторий и комнат или классов. Общим аудиторным ресурсом пользуются несколько преподавателей, ведущих разные предметы для разных категорий обучающихся. Преподаватели имеют специализацию и ограниченный рабочий



день, в зависимости от уровня подготовки и типа занятия, могут применять ограничение на количество одновременно обучающихся на одном занятии с разбивкой учебной группы на подгруппы, а количество отработанных учебных часов определяют их зарплату. Обучающиеся объединяются в учебные группы с привязкой к учебному курсу, в котором расписано количество учебных часов занятий по каждому предмету, определена очередность прохождения обучения. Есть ограничения по санитарным нормам и рекомендации психологов о времени проведения занятий и их без прерывной длительности [1, 2].

Как правило планирование расписания – не простое занятие и в ручном режиме занимает несколько летних месяцев, когда все преподаватели отдыхают и готовятся к следующему учебному году. Из-за разных факторов, возникающих в течение учебного года, расписание занятий приходится корректировать, что порой довольно сложно из-за необходимости пере согласования с множеством преподавателей и учета ограниченности времени занятий обучающихся. В результате расписание «плывет» и возникают пробелы в расписании или накладки по занятиям, по аудиториям, по времени. Ввиду сложившейся практики приоритета назначения занятий опытных преподавателей в первую очередь при планировании, отменяются и переносятся на конец семестра менее важные практические занятия и базовые дисциплины, которые проводят, как правило, менее опытные преподаватели. В итоге: нарушается логика учебного курса, обучающиеся вынуждены учиться в выходные дни, и нагрузка к концу учебного года сильно возрастает, мешая готовиться к сессии, что приводит к снижению успеваемости обучающихся. Зарплата менее опытных преподавателей имеет неравномерную зависимость в течение года.

### **Метод решения задачи автоматизации планирования расписания**

Предлагаемое в данной работе решение, на основе планировщика задач Smart Project компании «НПК «Разумные решения», предлагает учесть все множественные факторы влияния на формирование расписания занятий, которое строится не путем классического комбинаторного перебора, а как баланс интересов всех участников в реальном режиме времени на основе обработки базы знаний онтологии мультиагентной системы, представляя каждый учебный курс как отдельный проект [4]. Каждый такой проект включает в себя рынок агентов, представляющий собой сцену их взаимодействия по определенной модели. Предлагается задействовать теорию расписаний через диаграммы Ганта для отображения курса обучения, занятости аудиторий, учебных групп и преподавателей [3]. Нововведением для Smart Project будет система отчетов, печатающая расписание в привычном для преподавателей и обучающихся виде.

«Концепция MAS предложена в середине 1980-годов и была высоко оценена как научными, так и индустриальными кругами. С самого начала она позиционировалась как парадигма создания сложных систем, построенная на биологических принципах, которая предлагает строить системы и решать



задачи в том же стиле, в каком они решаются в живой природе и человеческом сообществе. Основной принцип создания концептуальной модели MAS приложений использует разбиение сложной задачи с множеством взаимодействующих сущностей на относительно простые законченные подзадачи, понятные специалисту. Решение этих задач поручается программным агентам, которые разрабатываются и программируются практически автономно, работают асинхронно и параллельно и взаимодействуют с помощью простой техники обмена сообщениями на языке, близком к естественному.

Одной из самых привлекательных сторон MAS-парадигмы является её способность естественно и эффективно решать трудную задачу разработки сложных программ, а именно программирование взаимодействий множества компонентов программы.» [6]

Архитектура Smart Project позволяет составлять свою онтологию и строить модели взаимодействия агентов без участия программистов с помощью конструктора, что выгодно отличает программный комплекс от имеющихся аналогов. А, представление Smart Project как облачного решения по модели SaaS с адаптируемым веб-интерфейсом, решает множество проблем интеграции и использования во многих учебных заведениях нашей страны [4, 5, 10, 11].

Одной из важных особенностей Smart Project является возможность изменения расписания в реальном режиме времени по ситуации, перерасчет и пересогласование не занимает много времени и удобно для преподавателей и руководства учебного заведения благодаря мобильному интерфейсу личного кабинета преподавателя.

Возможна интеграция с действующими в учебном заведении информационными системами для получения списков и передачи результатов планирования, например, Net School компании ИРТех, распространенная в школах Самарской области [2].

### **Заключение**

В данной статье рассмотрены актуальные проблемы планирования расписания занятий в современных учебных заведениях. Подчеркнуты негативные результаты неудачного планирования и их влияние на успеваемость обучающихся. Автором предложен вариант планирования с помощью мультиагентной системы планирования Smart Project и описан процесс настройки программы. Предложен вариант реализации с интеграцией в действующую систему управления средними учебными заведениями Самарской области.

### **Литература**

1 Антропов, А. Ю., Проблемы автоматизированного составления расписания занятий средней образовательной школы [Текст] / А. Ю. Антропов, С. А. Варламова // Статья в журнале *Juvenis scientia*, № 2 – 2016г.



2 Ваграменко, Я.А., Средства интеллектуализации информационных систем в образовании [Текст] / Я.А. Ваграменко, Г.Ю. Яламов // Москва: Институт управления образованием РАО, 2016г.

3 Голяков, С.М., Применение теории расписаний для организации учебного процесса в общеобразовательных учреждениях [Текст] / С.М. Голяков, А.Ю. Щилова, Ю.М. Шилов // Сборник трудов XXV Международной научно-практической конференции «Наука и образование: сохраняя прошлое – создаем будущее», 2019г.

4 Городецкий, В.И., Многоагентная система планирования и составления расписаний: разработка распределенной базы знаний [Текст] / В.И. Городецкий, О.В. Карсаев, - Москва, 2015г.

5 Городецкий, В. И., Концептуальная модель цифровой платформы для кибер-физического управления современным предприятием. Часть 1. Цифровая платформа и цифровая экосистема [Текст] / В.И. Городецкий, В.Б. Ларюхин, П.О. Скобелев, // Самара: Мехатроника, автоматизация, управление, Том 20, № 6, 2019г.

6 Евгеньев, Г.Б., Многоагентные системы полуавтоматического проектирования в машиностроении на базе механизма объект-функции [Текст] / Г.Б. Евгеньев, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Москва // Самара: Онтология проектирования. – 2020. – Т.10, №1(35).

7 Затонский, А.В., Информационное обеспечение поддержки принятия решений на примере составления расписания занятий образовательной организации [Текст] / А.В. Затонский, С.А. Варламова // Вестник Южно-Уральского государственного университета, 2018г.

8 Козак, Л.Я., Математическое и программное обеспечение поддержки принятия решений в процессе формирования расписания аудиторных занятий [Текст] / Л.Я. Козак, О.В. Сташкова, Е.С. Гарбузьяк, О.В. Шестопад, - Рыбница: ПГУ, 2018г.

9 Клеванский, Н.Н., Информационная модель задачи составления расписаний для вуза [Текст] / Н.Н. Клеванский, - Саратов: СГАУ, 2015г.

10 Ржевский, Г.А., Как управлять сложными системами? Мультиагентные технологии для создания сложных систем управления предприятиями [Текст] / Г.А. Ржевский, П.О. Скобелев // Самара: Офорт, 2015г. – 290 с.

11 Скобелев, П.О., Адаптивное мультиагентное планирование производственных ресурсов на основе онтологии [Текст] / П.О. Скобелев, О.И. Лахин, И.В. Майоров, Е.В. Симонова // Информационно-управляющие системы, № 6, 2018г.



А.С. Поцелуйко

## СОЗДАНИЕ АДАПТИВНЫХ ИНТЕРФЕЙСОВ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ

(Волгоградский государственный технический университет)

Согласно отчёту об инвалидности Всемирной Организации Здравоохранения[1] около 15% населения имеет некоторую форму инвалидности, причем 2-4% из этой группы испытывает значительные трудности в функционировании. В России людей с ограничениями насчитывается около 13,2 млн. человек, 23% из которых испытывают затруднения с решением задач в повседневной жизни. Согласно прогнозам ВОЗ число людей с ограниченными возможностями будет расти в связи со старением населения, увеличением числа хронических заболеваний и некоторыми другими факторами.

С другой стороны наблюдается тенденция увеличения использования мобильных устройств, количества приложений, улучшение доступности функционала пользовательского интерфейса. Такие мобильные приложения, ориентированные на пользователей с ограничениями, позволяют уменьшить степень изолированности людей от общества и помогают в решении ряда повседневных задач, уменьшая затраченное на это время.

Одним из эффективных способов уменьшения информационных барьеров является использование специализированных мобильных приложений, разработанных с учетом особенностей пользователя. Однако довольно часто разработчики мобильных приложений не в состоянии спроектировать такой интерфейс в силу незнания требований и рекомендаций к разработке интерфейсов для людей с ограниченными возможностями. Большое количество времени тратится на поиск требований и ограничений, накладываемых на интерфейс для того или иного нарушения.

Многие крупные компании пытаются решить проблемы доступности приложений для людей с ограниченными возможностями как со стороны пользователей, так и со стороны разработчиков. Например, компания Apple в каждый свой продукт внедряет настройки для пользователей с ограниченными возможностями, но если этого недостаточно, то имеется ряд библиотек, предоставляющий разработчикам возможность делать свои приложения более доступными или доступными для конкретного типа пользователей[2]. Аналогичную политику проводят компании Google, Microsoft, Android [3][4][5].

Несмотря на разнообразие существующих технологий для разработки доступных приложений и на предоставляемые библиотеки для внедрения в программное обеспечение, не существует единого универсального инструмента для создания адаптивных персонализированных интерфейсов для пользователей с ограниченными возможностями. Поэтому целью данной



работы является повышение эффективности создания адаптивных мобильных интерфейсов для пользователей с ограниченными возможностями.

Цель достигается путем разработки программного средства, позволяющего создавать кроссплатформенные приложения с адаптивными интерфейсами в системе Unity 3D. Данное программное средство содержит в себе базу знаний о заболеваниях пользователя и их степеней, об элементах интерфейса и о рекомендациях использования тех или иных элементов интерфейса. База знаний реализована в виде онтологической модели, которая хранит в себе информацию о пользователях, их устройствах и интерфейсе, а также содержит правила вывода новых знаний на основе имеющихся.

Онтологическая модель системы представлена в виде мета-онтологии, содержащей нескольких онтологических моделей: модель пользователя, модель интерфейса, модель устройства пользователя, модель пользовательских нарушений и модели паттернов интерфейсов. Онтология пользователя включает в себя общую информацию о пользователе. Онтология пользовательских нарушений включает в себя следующие категории: нарушение зрения, слуха, ментальные нарушения, парезы, тремор, когнитивные нарушения, периодические расстройства. Онтология интерфейса содержит в себе информацию о наборе разрешенных к использованию элементов интерфейса, а также информацию о текущем состоянии каждого из данных элементов. В качестве онтологической модели устройства пользователя была взята модель проекта AEGIS[6], которая позволяет хранить информацию о устройстве пользователя и его характеристиках. Онтологическая модель паттернов интерфейса включает в себя знания о наилучших практиках создания интерфейсов согласно рекомендациям W3C[7]. Все паттерны интерфейса разделены на две группы: паттерны, которые изменяют внешний вид элемента интерфейса, и паттерны, которые изменяют функциональность элемента интерфейса. Каждый паттерн связан с фактическим элементом интерфейса и имеет доступ к его свойствам.

Связь онтологических моделей осуществляется путем правил, представленных на специальном языке Turtle[8]. Правила необходимы для вывода новых знаний при поступлении новой информации в базу знаний, например, при добавлении нового элемента интерфейса или при изменении его параметров.

На данный момент реализован и протестирован плагин для Unity 3D[9], позволяющий использовать 9 типов виджетов для построения интерфейса, каждый виджет имеет набор параметров, которые могут быть отредактированы разработчиком интерфейса. Также плагин содержит в себе механизм анализа текущего интерфейса и вывода рекомендаций к использованию виджетов или к изменению некоторых их параметров. В результате анализа разработчик получает информацию о том, какие элементы интерфейса запрещены, разрешены или разрешены при определенных значениях их параметров для заданного пользователя с определенным набором нарушений. Рекомендации могут быть проигнорированы или применены к интерфейсу. Также система



встраивает в интерфейс меню с четырьмя настройками для пользователей, например, продолжительность зажатия кнопок, что может быть полезно для пользователей с легким тремором.

В настоящее время ведется работа над созданием части программного средства, отвечающего за сбор информации о поведении и анализе действий пользователя, а также над связью полученных данных и онтологической моделью. В дальнейшем данная работа может быть полезна для разработчиков программных средств для получения рекомендаций по улучшению интерфейсов для конкретной группы пользователей, а также для самих пользователей, если будет доказана эффективность системы сбора, анализа и использования информации о пользовательских действиях.

### Литература

1. The World Bank official website. Режим доступа: <https://www.worldbank.org/en/topic/disability>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ.
2. Apple official website, Apple Inc. Режим доступа: <http://support.apple.com/accessibility/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ.
3. Google, Web. Режим доступа: <http://www.google.com/intl/en/accessibility/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ.
4. Microsoft official website. Режим доступа: <http://www.microsoft.com/en-us/accessibility>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ.
5. Android Developers official website. Режим доступа: <http://developer.android.com/guide/topics/ui/accessibility>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ.
6. AEGIS Ontology. Режим доступа: <http://www.aegis-project.eu>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ. (дата обращения: 21.06.19).
7. W3C official website, World Wide Web Consortium. Режим доступа: <http://www.w3.org/standards/webdesign/accessibility/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ.
8. Apache Jena official website, Reasoners and rule engines: Jena inference support. Режим доступа: <https://jena.apache.org/documentation/inference>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
9. Кульцова, М.Б. Ontology Based Personalization of Mobile Interfaces for People with Special Needs / М.Б. Кульцова, А.С. Поцелуйко, А.М. Дворянкин // Creativity in Intelligent Technologies and Data Science (CIT&DS 2019) : Third Conference (Volgograd, Russia, September 16–19, 2019) : Proceedings. Part II / Editors: A. Kravets, P. Groumpos, M. Shcherbakov, M. Kultsova ; Volgograd State Technical University [et al.]. – Cham (Switzerland) : Springer Nature Switzerland AG, 2019. – P. 422-433.
10. Поцелуйко, А.С. Персонализация интерфейсов мобильных приложений на основе паттернов интерфейсов для людей с ограниченными возможностями / А.С. Поцелуйко, А.Г. Кравец, М.Б. Кульцова //



Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. - 2019. - № 3. - С. 17-27.

11. Краснова, А.А. Подход к управлению результатами интеллектуальной деятельности вуза [Электронный ресурс] / А.А. Краснова, А.Г. Кравец // Системный анализ в науке и образовании : сетевое научное издание. - 2019. - Вып. 1. – 7 с. – Режим доступа : <http://sanse.ru/archive/51>.

А.О. Шибаева, О.П. Солдатова

## ГЕНЕРАЦИЯ ТОПОЛОГИИ РАДИАЛЬНО-БАСИСНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМУННОГО АЛГОРИТМА КЛОНАЛЬНОГО ОТБОРА

(Самарский университет)

Искусственные иммунные системы (ИИС, англ. AIS — Artificial immune system) относятся к классу вычислительных интеллектуальных систем, использующих принципы иммунной системы позвоночных. Для решения задач эти алгоритмы используют свойства иммунной системы к обучению и памяти.

В данной работе используется алгоритм клонального отбора. Клональный отбор используется для управления взаимодействием между компонентами иммунной системы и внешней средой или антигенами.

Алгоритм клонального отбора напоминает параллельный алгоритм с восхождением к вершине и генетический алгоритм без оператора кроссинговера.

По аналогии с естественной иммунной системой, молекулы в искусственной иммунной системе могут быть представлены в виде совокупности свойств распознаваемых объектов, выраженной в векторной форме. Математически, обобщенная форма любой молекулы  $m$  в пространстве  $S$  может быть представлена как строка свойств (набор координат) длины  $L$ . Таким образом, строка свойств может рассматриваться как точка в  $L$ -мерном пространстве молекулярных форм. Эта строка может состоять из атрибутов любого типа, таких как вещественные числа, целые числа, биты или символы. В данной работе используются строки, представляющие собой векторы вещественных чисел.

Молекула антитела, как и антиген, представляет собой набор координат. С точки зрения задачи распознавания, связь между антителами или между антителом и антигеном вычисляется как мера расстояния или мера аффинности между соответствующими строками свойств. Мера аффинности производит преобразование взаимосвязи между двумя строками свойств в неотрицательное вещественное число, соответствующее их аффинности или степени соответствия. Таким образом, аффинность связи антиген-антитело или антитело-антитело пропорциональна расстоянию между молекулами (строками). Количественно, мера аффинности может выражаться различными



способами. В данной работе, так как индивидуумы ИИС представлены строками вещественных чисел, для вычисления аффинности используется Евклидово расстояние.

Для построения модели ИИС в данной работе была выбрана модель нейронной сети.

Наиболее известными среди нейросетевых моделей, реализующих принцип локальной аппроксимации, являются радиально-базисные нейронные сети, в которых скрытые нейроны реализуют функции, радиально изменяющиеся вокруг выбранного центра и принимающие ненулевые значения только в окрестности этого центра. Структура радиально-базисной сети представлена на рисунке 1.

Радиально-базисные нейронные сети имеют достаточно простую архитектуру и обладают высокой скоростью обучения.

В данной работе предлагается способ синтеза топологии радиально-базисной нейронной сети. Настройка центров и радиусов радиально-базисных функций производится по алгоритму k-means++, настройка весов производится с помощью алгоритма наискорейшего спуска.

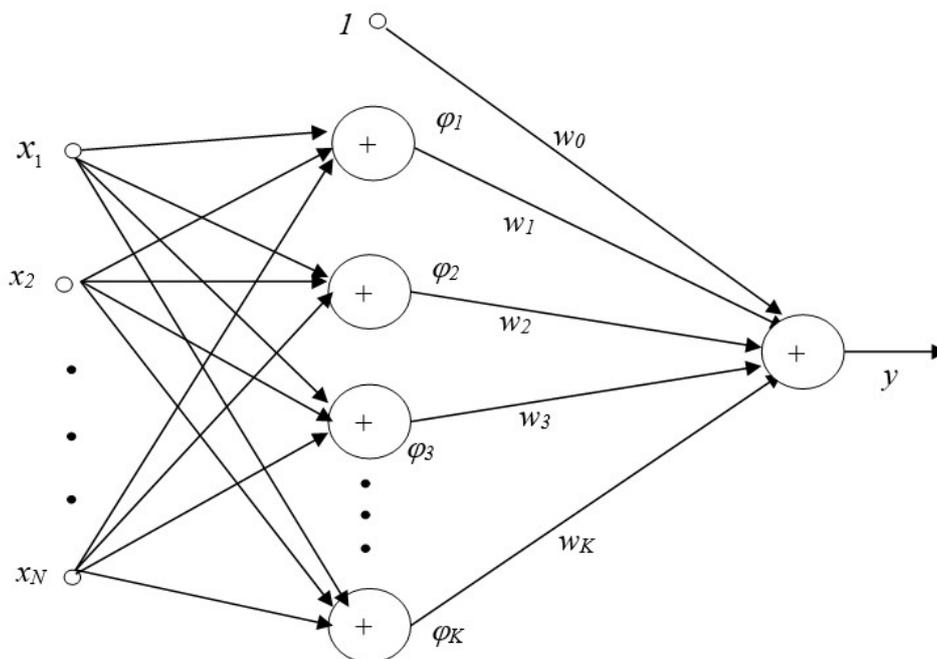


Рис. 1. Структура радиально-базисной нейронной сети

В случае решения задачи оптимизации цель состоит в нахождении оптимальных значений (минимумов или максимумов) некоторого критерия  $y = f(x_1, x_2, \dots, x_l), x_i \in X, i = \overline{1, l}$ , где  $X$  – допустимое множество решений? задачи. В общем случае рассматриваются задачи многокритериальной оптимизации:

$y = (y_1, y_2, \dots, y_n) \rightarrow \min (\max)$ , где  $y_j = f_j(x_1, x_2, \dots, x_l), x_i \in X, j = \overline{1, n}$ ,  $n$  – количество критериев задачи.

Каждый индивидуум популяции клонального алгоритма представляет собой одно возможное решение задачи. В данном случае задачей для



клонального алгоритма является настройка параметров радиально-базисной нейронной сети и строка индивидуума должна содержать набор всех подлежащих настройке параметров нейронной сети. Такими параметрами являются: количество радиально-базисных функций (количество нейронов), типы радиально-базисных функций и коэффициент сходимости алгоритма наискорейшего спуска. Исходя из состава параметров, был выбран следующий формат строки представления индивидуумов популяции клонального алгоритма:

k	$\varphi_1$	$\varphi_2$	...	$\varphi_n$
---	-------------	-------------	-----	-------------

где k – вещественный коэффициент сходимости алгоритма наискорейшего спуска,  $\varphi$  – закодированный в целое число вид функции, n – максимальное количество нейронов в сети.

В данной реализации используется зарезервированное значение  $\varphi = -1$ , что означает отсутствие функции и, соответственно, нейрона, что позволяет варьировать количество нейронов сети.

В таблице 1 приведены типы использованных радиально-базисных функций.

Таблица 1 – Типы использованных радиально-базисных функций

	Тип РБФ функции	Вид функции
1	Гауссова функция	$\varphi(x) = \exp\left(\frac{-\ x - c_i\ ^2}{2\sigma_i^2}\right)$
2	Обратная квадратичная	$\varphi(x) = \frac{1}{\left(\frac{\ x - c_i\ ^2}{\sigma_i^2}\right)}$
3	Обратная мультикватичная	$\varphi(x) = \frac{1}{\sqrt{\frac{\ x - c_i\ ^2}{\sigma_i^2}}}$

В работе использовался следующий алгоритм клональной селекции:

1. Инициализация. Создание случайной генерацией начальной популяции антител.
2. Вычисление аффинности для каждого по каждому антигену.
3. Клональная селекция и распространение: выбор из популяции лучших антител и копирование их в отдельную популяцию клонов в количестве, пропорциональном их аффинности.
4. Гипермутация всех клонов с вероятностью, обратно пропорциональной их аффинности.
5. Вычисление новой аффинности каждого антитела-клона аналогично шагу 2.



6. Выбор из полученной популяции  $n$  антител с наилучшим результатом аффинности и копирование их в исходную популяцию.
7. Метадинамика: замена худших антител исходной популяции новыми случайными индивидуумами.
8. Переход к шагу 2 до тех пор, пока не будет достигнут критерий остановки.

В качестве целевой функции и функции аффинности выбрана среднеквадратическая ошибка сети на обучающих данных, которая для одного обучающего примера имеет вид:

$$E = \frac{1}{2} \left[ \sum_{i=1}^K w_i \varphi_i(x) - d \right]^2$$

Так как в данном случае решается задача минимизации ошибки классификации, то минимальное значение аффинности антитела будет соответствовать максимально возможному значению ошибки.

В качестве данных для экспериментальных исследований был выбран набор данных «Ирисы Фишера». Ирисы Фишера состоят из данных о 150 экземплярах ирисов, по 50 экземпляров трёх видов (классов). Каждый экземпляр содержит четыре характеристики. Один из классов линейно отделим от двух остальных.

В разработанной программе реализован подход, при котором обучение и тестирование происходит при наличии двух выборок: обучающей и тестовой. Для обучения использовались 90 образцов, а оставшиеся 60 образцов – использовались для тестирования качества решения задачи.

По итогам работы программы была найдена наиболее оптимальная топология радиально-базисной сети для решения задачи классификации на примере данных «Ирисы Фишера» получается при следующих параметрах: коэффициент наискорейшего спуска – 0,0141; количество нейронов 7; типы нейронов: 0, 2, 1, 0, 0, 0, 2, где 0 – функция Гаусса, 1 – обратная квадратичная функция, 2 – обратная мультиквадратичная функция.

Среднеквадратичная ошибка при таких параметрах составила 0,4.

### Литература

1. Искусственная иммунная система - info-farm.ru [Электронный ресурс] // info-farm.ru: [сайт]. URL: [https://info-farm.ru/alphabet\\_index/i/iskusstvennaya-immunnaya-sistema.html](https://info-farm.ru/alphabet_index/i/iskusstvennaya-immunnaya-sistema.html) (дата обращения: 01.04.2020).
2. Литвиненко, В.И. Метод индуктивного синтеза рбф нейронных сетей с помощью алгоритма клонального отбора // Индуктивне моделювання складних систем, 2012. С. 114-127.
3. Лавренков Ю.Н. Комарцова Л.Г. Нейронечеткий адаптивный маршрутизатор потоков цифровой информации // Научно-практический журнал «Прикладная информатика», № 6(48), 2013. С. 59-73.



## ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

---

А.Н. Земцов, А.А. Турицын, Чан Зунг Хань

### МОДЕРНИЗАЦИЯ СЕТИ КРЕДИТНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ DMVPN

(Волгоградский государственный технический университет)

В последнее время в кредитных организациях, осуществляющих финансово-кредитную деятельность на территории Российской Федерации наметился переход от традиционного документооборота к системам с электронной формой представления документов, вызванный, в том числе, необходимостью организации дистанционного взаимодействия между различными структурными подразделениями кредитных организаций [1], а также ужесточением требований к эффективности работы различных предлагаемых сервисов [2].

Перманентное увеличение количества киберпреступлений, в том числе, с участием кредитных организаций, приводит к ужесточению требований к уровню защищенности инфокоммуникационных систем кредитных организаций. Как следствие, растет актуальность поиска новых методов, средств и информационных технологий для повышения уровня защищенности информационно-коммуникационных систем такого рода.

К настоящему времени был разработан ряд подходов для обеспечения отказоустойчивости информационной безопасности сети, для чего используются различные методы повышения эффективности планирования передачи пакетов между филиалами кредитных организаций, а также методы туннелирования и шифрования трафика [3-5]. Подобный подход позволяет обеспечить возможность взаимодействия между сетями филиалов кредитных организаций, использующих различные протоколы, а также обеспечить конфиденциальность и целостность передаваемых данных, включая служебные поля заголовков пакетов.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить проектирование информационно-коммуникационной сети для организации сетевого взаимодействия филиалов через сеть Интернет с использованием следующих протоколов туннелирования: GRE, IPSec, GRE over IPSec и DMVPN, включая NHRP, mGRE, IPSec, OSPF, EIGRP.

Технология Cisco Systems DMVPN (Dynamic Multipoint Virtual Private Network) позволяет создавать динамические виртуальные частные сети с множественным подключением. DMVPN является дальнейшим развитием технологии VPN, и основывается на совместной работе протоколов разрешения



шлюза NHRP, протокола туннелирования mGRE, протокола шифрования IPSec и протоколов динамической маршрутизации: OSPF, ODR, RIP, EIGRP, BGP. Клиент связывается с DMVPN сервером и получает от того данные конечной точки сетевого взаимодействия, после чего между ними создаётся виртуальный туннель.

До утверждения и внедрения разработанного проекта предлагается выполнить анализ результатов на модели рассматриваемых информационно-коммуникационных систем. При построении моделей информационно-коммуникационных систем перед исследователем возникает вопрос, какой системой моделирования воспользоваться для построения своей модели, для чего был выбран Для работы был выбран эмулятор сети GNS3/Dynamips, позволяющий имитировать работу аппаратных средств реального маршрутизатора, путем загрузки и взаимодействия с реальными образами операционных систем основных производителей сетевых устройств Cisco, Mikrotik, Juniper., а также возможности подключения к внешней сети. Прототип информационно-коммуникационной системы показана на рисунке 1.

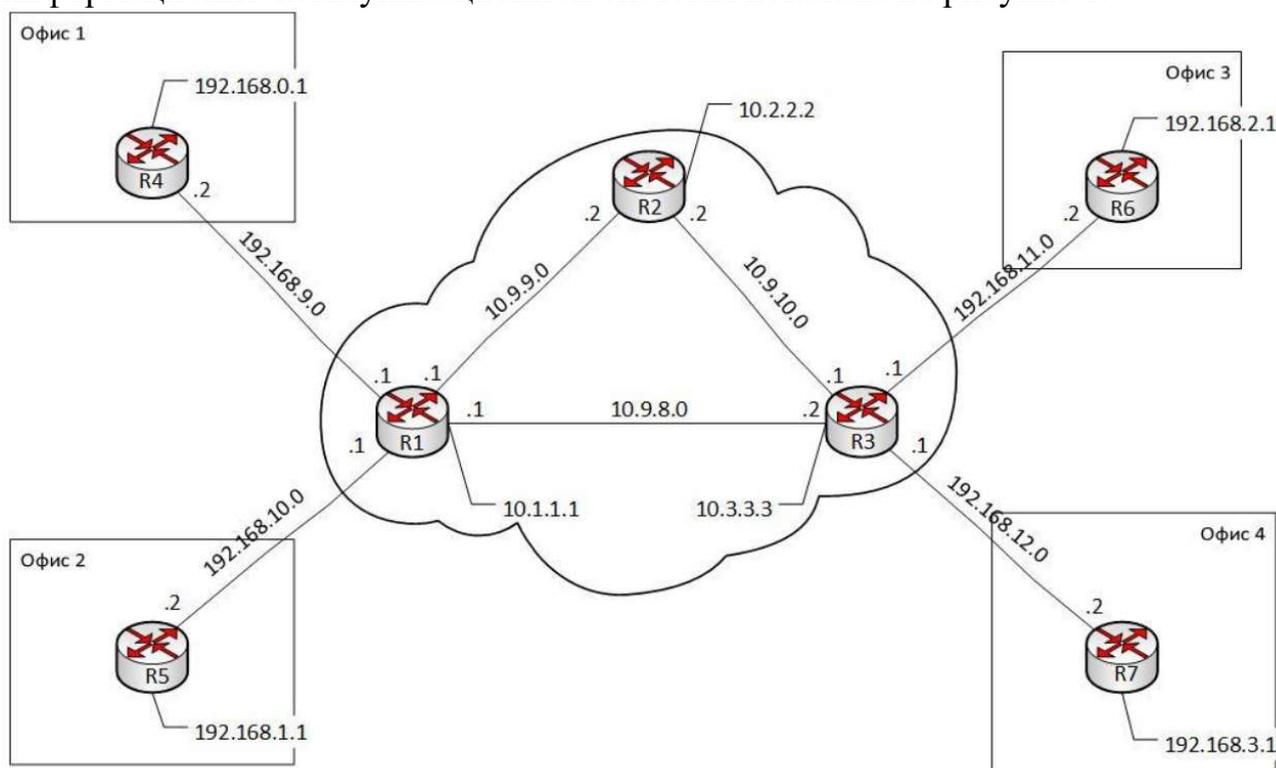


Рис. 1. Прототип информационно-коммуникационной системы

Для конфигурирования технологии DMVPN необходимо выполнить конфигурирование mGRE-туннелей, конфигурирование протоколов NHRP и IPSec, заключающееся в создании политики безопасности isakmp, и настройки профиля IPSec, а также сконфигурировать протокол динамической маршрутизации.

Проверим доступность маршрутизаторов, а также проанализируем информацию о других маршрутизаторах, полученную с помощью NHRP, как показано на рисунке 2.



```
R5#ping 192.168.100.3
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.100.3, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 36/52/80 ms
R5#sh ip nhrp brief
      Target                Via                NBMA                Mode    Intfc    Claimed
192.168.100.2/32          192.168.100.2      192.168.9.2         dynamic Tu1    <    >
192.168.100.3/32          192.168.100.3      192.168.11.2        dynamic Tu1    <    >
192.168.100.4/32          192.168.100.4      192.168.12.2        dynamic Tu1    <    >
R5#
```

Рис. 2. Передача пакетов и краткая таблица NHRP

По окончании выполнения конфигурирования DMVPN на сетевом оборудовании, необходимо выполнить проверку правильности функционирования защищенной информационно-коммуникационной системы. Проверка доступности узлов сети осуществлялась с помощью команд ping и traceroute. Для анализа правильности примененных настроек будем осуществлять перехват трафика с помощью sniffера Wireshark, как показано на рисунке 3.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
355	1450.254110	172.16.251.0	172.16.200.1	ICMP	138	Echo (ping) reply id=0x0002, seq=0/0, ttl=255 (request in 354)
356	1450.264110	172.16.200.1	172.16.251.0	ICMP	138	Echo (ping) request id=0x0002, seq=1/256, ttl=255 (reply in 359)
357	1450.264110	c4:04:30:98:00:00	c4:04:30:98:00:00	LOOP	60	Reply
358	1450.274110	c4:02:38:44:00:00	c4:02:38:44:00:00	LOOP	60	Reply
359	1450.294110	172.16.251.0	172.16.200.1	ICMP	138	Echo (ping) reply id=0x0002, seq=1/256, ttl=255 (request in 356)
360	1450.304110	172.16.200.1	172.16.251.0	ICMP	138	Echo (ping) request id=0x0002, seq=2/512, ttl=255 (reply in 361)
361	1450.334110	172.16.251.0	172.16.200.1	ICMP	138	Echo (ping) reply id=0x0002, seq=2/512, ttl=255 (request in 360)
362	1450.344110	172.16.200.1	172.16.251.0	ICMP	138	Echo (ping) request id=0x0002, seq=3/768, ttl=255 (reply in 363)
363	1450.374110	172.16.251.0	172.16.200.1	ICMP	138	Echo (ping) reply id=0x0002, seq=3/768, ttl=255 (request in 362)
364	1450.384110	172.16.200.1	172.16.251.0	ICMP	138	Echo (ping) request id=0x0002, seq=4/1024, ttl=255 (reply in 365)
365	1450.414110	172.16.251.0	172.16.200.1	ICMP	138	Echo (ping) reply id=0x0002, seq=4/1024, ttl=255 (request in 364)
366	1459.138205	c4:02:38:44:00:00	c4:02:38:44:00:00	LOOP	60	Reply
367	1459.838206	c4:04:30:98:00:00	c4:04:30:98:00:00	LOOP	60	Reply
368	1466.178215	c4:04:30:98:00:00	CDP/VTP/DTP/PAGP/UD...	CDP	365	Device ID: Internet Port ID: FastEthernet0/0
369	1469.008219	c4:02:38:44:00:00	c4:02:38:44:00:00	LOOP	60	Reply
370	1469.918221	c4:04:30:98:00:00	c4:04:30:98:00:00	LOOP	60	Reply

```

> Frame 363: 138 bytes on wire (1104 bits), 138 bytes captured (1104 bits) on interface 0
> Ethernet II, Src: c4:04:30:98:00:00 (c4:04:30:98:00:00), Dst: c4:02:38:44:00:00 (c4:02:38:44:00:00)
> Internet Protocol Version 4, Src: 2.2.2.1, Dst: 1.1.1.1
  Generic Routing Encapsulation (IP)
    Flags and Version: 0x0000
      0... .. = Checksum Bit: No
      .0... .. = Routing Bit: No
      ..0... .. = Key Bit: No
      ...0... .. = Sequence Number Bit: No
      ....0... .. = Strict Source Route Bit: No
      ....000... .. = Recursion control: 0
      ....00000... .. = Flags (Reserved): 0
      ....0000... .. = Version: GRE (0)
    Protocol Type: IP (0x0800)
  Internet Protocol Version 4, Src: 172.16.251.0, Dst: 172.16.200.1
  Internet Control Message Protocol

```

Offset	Hex	ASCII
0000	c4 02 38 44 00 00 c4 04 30 98 00 00 08 00 45 00	..8D... 0....E.
0010	00 7c 00 0d 00 00 fe 2f b6 41 02 02 02 01 01 01	. ...../ .A.....
0020	01 01 00 00 08 00 45 00 00 64 00 0d 00 00 ff 01	.....E. .d.....
0030	a0 68 ac 10 fb 00 ac 10 c8 01 00 00 6e 68 00 02	.h..... .nh...
0040	00 03 00 00 00 00 00 1d 17 c0 ab cd ab cd ab cd	.....
0050	ab cd	.....
0060	ab cd	.....
0070	ab cd	.....
0080	ab cd ab cd ab cd ab cd ab cd	.....

Рис. 3. Анализ трафика в Wireshark



### Литература

1. Лавриченко, О.В. Управление инновационными системами промышленных предприятий и разработка модели их классификации / Лавриченко О.В. // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника, 2014. Т. 14. № 4. С. 10.
2. Земцов А.Н., Болгов Н.В., Божко С.Н. Многокритериальный выбор оптимальной системы управления базы данных с помощью метода анализа иерархий // Инженерный вестник Дона, 2014, №2. URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2360>.
3. Земцов А.Н., Ньяти Р.С. Моделирование и оценка показателей надежности и отказоустойчивости систем связи // Инженерный вестник Дона, 2019, №4. URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N5y2019/5995>.
4. Земцов А.Н., Чан Зунг Хань. Анализ эффективности алгоритмов планирования передачи пакета в сетях LTE // Инженерный вестник Дона, 2019, №4. URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2019/5840>.
5. Земцов А.Н., Чан Зунг Хань. О повышении доступности шлюза по умолчанию в корпоративных сетях // Инженерный вестник Дона, 2019, №9. URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N9y2019/6243>.

А.Н. Земцов, В.Ю. Цыбанов

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ИЗОБРАЖЕНИЙ МЕТОДАМИ ЦИФРОВОЙ СТЕГАНОГРАФИИ

(Волгоградский государственный технический университет)

В последние годы в Российской Федерации наметился переход от традиционного документооборота к системам с электронной формой представления документов, вызванный, в том числе, необходимостью организации дистанционного взаимодействия между различными структурными подразделениями, коммерческих предприятий и государственных учреждений, что позволило повысить их производительность [1], а также реализовать комплекс концептуальных подходов и методов к оптимизации этого процесса [2].

Задача защиты изображений была актуальна с момента появления изображений, но методы защиты изображений появились относительно недавно. Актуальность разработки программных средств для защиты изображений методами цифровой стеганографии объясняется интенсивным расширением спектра атак и их возможных последствий на мультимедийные системы, а также мультимедийный контент традиционных информационных систем. Необходимо отметить, что традиционные методы защиты электронных документов являются неэффективными для защиты мультимедийных систем.



В ходе работы был выполнен сравнительный анализ реализованных методов с использованием критерия отношения уровня сигнала к уровню шуму для различных популярных типов контейнеров, а также разработан новый алгоритм и автоматизированная система защиты мультимедийного контента.

Цифровые водяные знаки делятся на видимые и невидимые. Видимые водяные знаки довольно просто удалить или заменить, например, это можно сделать в графических редакторах, таких как Adobe Photoshop.

Задачу встраивания и выделения сообщений из другой информации выполняет стegosистема. Стегосистема состоит из следующих основных элементов, представленных на рисунке 1. Защита осуществляется путем встраивания водяного знака в изображение-контейнер.

К водяному знаку предъявляются следующие требования: водяной знак должен легко с вычислительной точки зрения извлекаться авторизованным пользователем, а также должен быть устойчивым либо неустойчивым к преднамеренным и случайным воздействиям, в зависимости от типа и целей защиты. Если водяной знак используется для подтверждения подлинности, то несанкционированное изменение контейнера должно приводить к разрушению водяного знака. Если же водяной знак содержит идентификационный код, логотип фирмы и т.п., то он должен сохраниться при максимальных искажениях контейнера, конечно, не приводящих к существенным искажениям исходного сигнала.

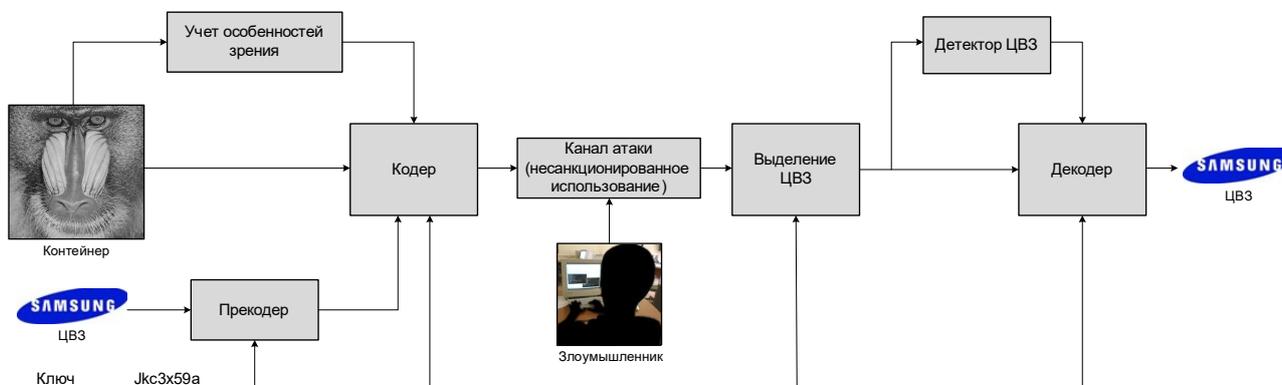


Рис. 1. Структурная схема разработанной стegosистемы цифровых водяных знаков

Например, у изображения могут быть отредактированы цветовые или яркостные характеристики. Необходимо отметить, что водяной знак должен быть робастным по отношению к аффинным преобразованиям изображения, то есть к его поворотам, масштабированию и т.п. При этом надо различать робастность самого водяного знака и способность детектора достоверно его обнаружить. Таким образом, при повороте изображения ЦВЗ не разрушится, а декодер может оказаться неспособным выделить его.

Изображения в современных системах электронного документооборота хранятся в заданном виде. Формат представления изображений основан на



некотором спектральном преобразовании, таком как дискретное косинусное преобразование, Фурье, Адамара, Пэли, Уолша, Трахтмана, Качмарджа, вейвлет-преобразование, и другие [3, 4]. В разработанной автоматизированной системе защиты используется быстрое преобразования Ле Галла [5].

Процедура встраивания предусматривает необходимость разбиения изображения на битовые плоскости, как показано на рисунке 2. Из рисунка 2 видно, что младшая битовая плоскость является шумом, человеческое зрение нечувствительно к изменениям в этой битовой плоскости.

В автоматизированной системе реализована возможность внедрения дополнительных водяных знаков. В случае, если в контейнере имеется метка о допустимости однократного использования, после осуществления использования контейнера, необходимо добавить пометку о запрете дальнейшего использования или водяной знак должен быть разрушен. Перезапись водяного знака в данном случае может вступать в противоречие с требованием робастности, поэтому одним из эффективных решений этой проблемы является внедрение дополнительного водяного знака, при котором внедренный ранее будет считаться недостоверным.

В ходе проведенной работы были проанализированы существующие алгоритмы и подходы к скрытию данных в изображениях, а также основные способы представления графической информации в системах электронного документооборота. Алгоритмы защиты изображений были разбиты на две основные группы: работающие в пространственной области и в частотной области. Были выделены классы изображений, т.к. любой стегоалгоритм имеет свою допустимую область, в которой может эффективно применяться. Кроме того, был проведен сравнительный анализ широкого спектра атак на стегосистему.

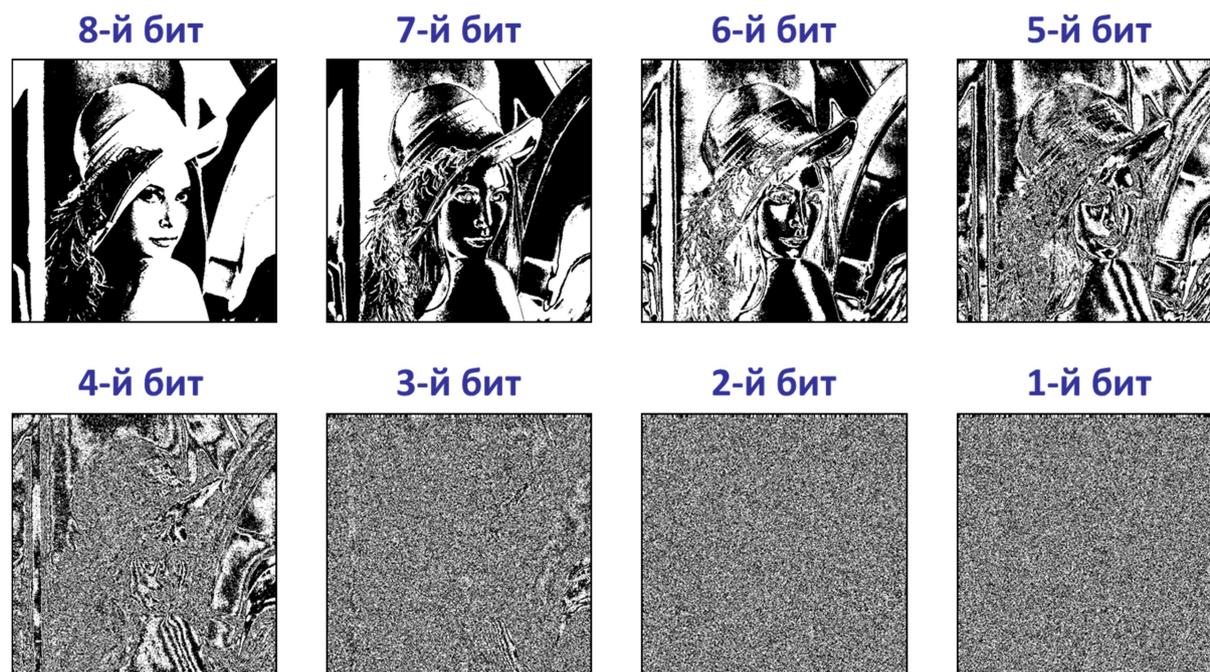


Рис. 2. Разбиение изображения на битовые плоскости



В ходе работы была разработана автоматизированная система защиты, соответствующая разработанной ранее классовой модели, а также реализован алгоритм стегокодирования на основе многоуровневого преобразования Ле Галла, и других вейвлет-преобразований [6, 7]. Система встраивания цифровых водяных знаков разрабатывается как приложение, основанное на каркасном подходе к построению информационных систем. Обобщенная структурная схема разработанной автоматизированной системы показана на рисунке 3.



Рис. 3. Структура разработанной автоматизированной системы защиты

В автоматизированной системе предусматривается чтение графических файлов различных современных форматов, что повысит объемы использования и степень внедрения автоматизированной системы защиты. Помимо основной функции программы, а именно – внедрение цифровых водяных знаков в изображения, предусмотрено сохранение в собственный формат кодирования, основанный на преобразовании Ле Галла.

Необходимо отметить, что алгоритмическая часть, отвечающая за операции с защитой изображений, полностью выделена в отдельные классы, не связанные с частью, осуществляющей взаимодействие с пользователем в процессе работы, что позволяет использовать классы, отвечающие за защиту изображений без переделок в других проектах.

### Литература

1. Лавриченко, О.В. Управление инновационными системами промышленных предприятий и разработка модели их классификации / Лавриченко О.В. // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника, 2014. Т. 14. № 4. С. 10.



2. Земцов А.Н., Болгов Н.В., Божко С.Н. Многокритериальный выбор оптимальной системы управления базы данных с помощью метода анализа иерархий // Инженерный вестник Дона, 2014, №2. URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2360>.

3. Земцов А.Н. Сравнительный анализ эффективности методов сжатия изображений на основе дискретного косинусного преобразования и фрактального кодирования // Прикладная информатика, 2011. № 5. С. 77-84.

4. Земцов А.Н. Сравнительный анализ эффективности методов сжатия изображений на основе дискретного косинусного преобразования и фрактального кодирования // Прикладная информатика, 2011. № 4. С. 90-104.

5. Земцов А.Н. Представление изображений с помощью преобразования Ле Галла // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. 2018. № 43. С. 42-48.

6. Земцов А.Н., Аль-Макреби И.М. Об оценке вносимых искажений методом маркирования в низкочастотной области вейвлет-спектра изображения // Инженерный вестник Дона, 2015, №2-2(36). URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2p2y2015/2962>.

7. Земцов А.Н., Аль-Макреби И.М. Исследование устойчивости цифровых водяных знаков-логотипов, внедряемых в статические изображения // Инженерный вестник Дона, 2015, №2-2(36). URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2p2y2015/2963>.

С.А. Иливицкий<sup>1</sup>, Л.С. Зеленко<sup>1</sup>, П.В. Трешников<sup>2</sup>

## РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА ПРОГРАММ ДЛЯ ЛИЦЕНЗИРОВАНИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЛИЦЕНЗИЙ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «ТЕХНОДОК»

(<sup>1</sup> Самарский университет, <sup>2</sup> ООО НВФ «Сенсоры. Модули. Системы»)

В настоящее время проблема защиты интеллектуальной собственности является актуальной для любой области творческой деятельности и не имеет гражданства. Большинство разработчиков программного обеспечения используют различные программные модули, контролирующие доступ пользователей с помощью ключей активации, серийных номеров и т. д. Однако такая защита легко подвержена взлому и не является достаточно надежной. В начале 1980 годов в качестве усовершенствования защиты программного обеспечения стали применяться электронные ключи. Они предоставили более надежный способ лицензирования программного обеспечения. Так же их использование позволило не привязываться к определенному аппаратному обеспечению, тем самым обеспечивая переносимость лицензионной информации с одного сервера на другой [1].



В связи с этим стала актуальной задача разработки подсистемы лицензирования, базирующейся на электронных ключах, которую необходимо было интегрировать в программный комплекс (ПК) «ТехноДок», который предназначен для ведения производственной отчетности и сбора аналитики для предприятий энергетики [2], а также системы распространения лицензий на данный продукт, которая была бы реализована в виде интернет-магазина. С его помощью клиенты могли бы заказывать интересующие их товары и услуги в режиме «онлайн», это позволит расширить сферу сбыта и значительно увеличить уровень продаж.

Подсистема лицензирования программного комплекса «ТехноДок» реализована в виде двух модулей: модуль активации лицензии и модуль записи лицензии на электронный ключ. Модуль активации лицензии встроен в программный комплекс «ТехноДок» и предоставляет возможность клиентам активировать лицензию при помощи электронного ключа. Модуль записи лицензии на электронный ключ встроен в утилиту генерации лицензии и используется поставщиками для записи данных лицензии на электронный ключ.

Основными функциями подсистемы лицензирования являются:

- 1) чтение номера программного обеспечения из электронного ключа;
- 2) чтение лицензионного ключа из электронного ключа;
- 3) запись номера программного обеспечения на электронный ключ;
- 4) запись лицензионного ключа на электронный ключ;
- 5) проверка корректности данных лицензионного ключа;
- 6) активация лицензии при помощи электронного ключа.

На рисунке 1 приведена структурная схема подсистемы лицензирования, в ее состав входят следующие подсистемы:



Рис. 1. Структурная схема подсистемы лицензирования



- подсистема управления данными лицензии, отвечающая за активацию лицензии и передачу данных лицензии другим подсистемам;
- подсистема взаимодействия с электронным ключом, отвечающая за запись данных лицензии на электронный ключ и чтения данных лицензии с электронного ключа;
- подсистема взаимодействия с реестром, отвечающая за запись данных лицензии в реестр и чтения данных лицензии из реестра;
- подсистема криптографической защиты, отвечающая за создание электронной цифровой подписи и ее подтверждение;
- подсистема анализа данных лицензионного ключа, отвечающая за проверку корректности данных лицензионного ключа;
- подсистема логирования, отвечающая за запись информации о процессе активации лицензии и записи лицензии в отдельный файл.

Подсистема взаимодействия с электронным ключом и подсистема криптографической защиты взаимодействует с утилитой генерации лицензий, которая состоит из следующих подсистем:

- подсистема ввода-вывода, отвечающая за ввод данных лицензии и вывод лицензионного ключа на экран;
- подсистема выдачи уведомлений, отвечающая за выдачу уведомлений о причинах неудачной генерации лицензии.

Подсистема лицензирования реализована с помощью языков программирования C# и TypeScript с использованием фреймворков AngularJS, Bootstrap и Entity Framework в среде программирования Visual Studio 2019 Community Edition.

Система распространения лицензий программного комплекса «ТехноДок» реализована в виде web-приложения. Она построена по клиент-серверной архитектуре. В ней предусмотрены две роли пользователей: «Поставщик» и «Клиент». Основными функциями системы распространения лицензий для авторизованного пользователя являются:

- 1) оформление заказа;
- 2) отмена заказа;
- 3) подтверждение заказа;
- 4) отклонение заказа;
- 5) расчет стоимости заказа.

Структурная схема системы распространения лицензий приведена на рис. 2. В состав клиентской части входят следующие подсистемы:

- подсистема отображения данных заказов, отвечающая за отображение данных заказов;
- подсистема отображения данных пользователей, отвечающая за отображение данных пользователей;
- подсистема оформления заказов, отвечающая за оформление заказов;
- подсистема авторизации, отвечающая за авторизацию пользователей;



- подсистема аутентификации, отвечающая за аутентификацию пользователей;
- подсистема регистрации, отвечающая за регистрацию пользователей;
- подсистема взаимодействия с серверной частью, отвечающая за передачу данных с клиента на сервер.

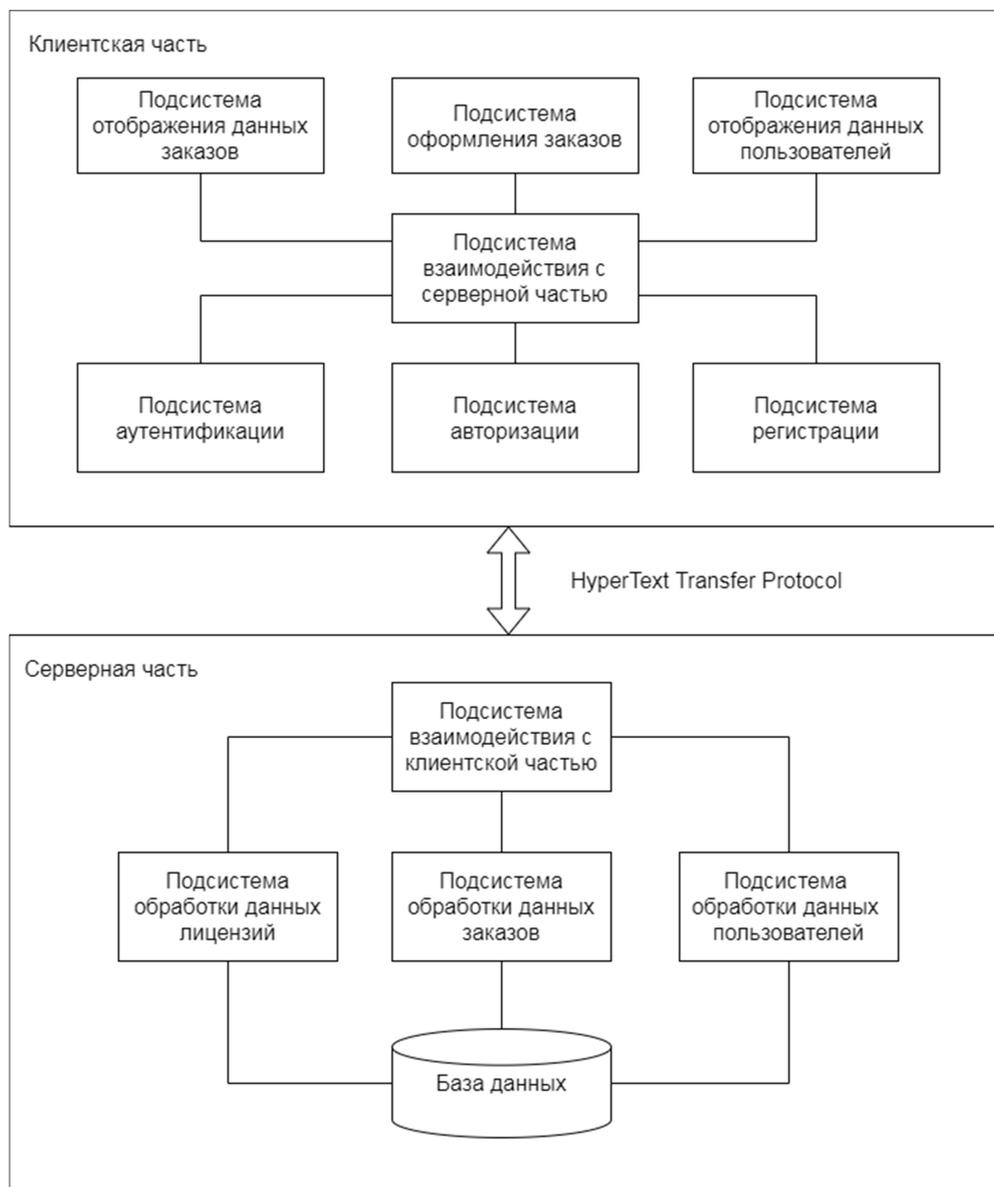


Рис. 2. Структурная схема системы распространения лицензий

В состав серверной части входят следующие подсистемы:

- подсистема обработки данных лицензии, отвечающая за обработку данных лицензий;
- подсистема обработки данных заказов, отвечающая за обработку данных заказов;
- подсистема обработки данных пользователей отвечающая за обработку данных пользователей;



– подсистема взаимодействия с клиентской частью, отвечающая за передачу данных с сервера на клиент.

Обработка данных осуществляется на серверной части, т.е. реализована технология «тонкого» клиента. Обмен данными между клиентской и серверной частями производится по протоколу HTTP с помощью соответствующих подсистем.

Система реализована с помощью языков программирования C# и TypeScript с использованием фреймворков AngularJS, Bootstrap и Entity Framework в среде программирования Visual Studio 2019 Community Edition. В качестве системы управления базой данных выбрана система управления базами данных Microsoft SQL Server 2012.

Подсистема лицензирования и система распространения лицензий разработаны по заказу ООО НВФ «Сенсоры. Модули. Системы».

### Литература

1 Исследование BSA в области программного обеспечения [Электронный ресурс]/ Систем. требования: Adobe Acrobat Reader / URL: [http://gss.bsa.org/wp-content/uploads/2018/05/2018\\_BSA\\_GSS\\_Report\\_en.pdf](http://gss.bsa.org/wp-content/uploads/2018/05/2018_BSA_GSS_Report_en.pdf) (дата обращения: 02.04.2020).

2 программный комплекс «ТехноДок» [Электронный ресурс]. URL: <https://sms-a.ru/solutions/technodoc/> (дата обращения: 02.04.2020).

Д.Д. Карнаухов, В.А. Федосеев

## МЕТОД СТЕГАНОГРАФИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ В ТЕПЛОВЫХ ВИДЕОДААННЫХ

(Самарский университет)

Стеганография – это способ встраивания информации, при котором сокрыт сам факт передачи сообщения. Под встраиванием информации обычно понимают внедрение информации в содержимое другого информационного объекта, называемого контейнером. Одним из специфических видов контейнера является тепловое видео, которое характеризуется низким разрешением видео и большим количеством шумов.

Эти особенности предоставляют возможности по увеличению объема встраиваемой информации относительно изображений и видео в видимом диапазоне, так как незначительные изменения в тепловом видео на фоне шума будут не так заметны человеческому глазу. Поэтому необходимо детально исследовать вид распределения шума тепловых камер, а также характеристики шума для использования более эффективных методов стеганографического встраивания информации.



Для оценки параметров шума строится видео, состоящее из разности соседних кадров исходного видео. Если видео статическое (визуально на видео ничего не меняется), то получится некоторая визуальная оценка шума камеры.

По полученному «шумовому видео» вычисляется автокорреляционная функция (АКФ) для каждого пикселя во времени, а затем — АКФ по пространству для каждого кадра. Построенные АКФ рассматриваются по отдельности, сравниваются друг с другом и усредняются по всем пикселям и по всем кадрам соответственно. На основе анализа полученных данных выдвигается гипотеза о том, что шум теплового видео некоррелированный и его значения распределены по нормальному закону.

Используя критерий согласия «хи-квадрат Пирсона», проверяется гипотеза о том, что полученный шум теплового видео имеет нормальный закон распределения. Для большинства различных тестовых тепловых видео гипотеза подтверждается. Поэтому для встраивания информации выбирается алгоритм стохастической модуляции, использование которого целесообразно в данной ситуации.

Алгоритм стеганографического встраивания информации с использованием стохастической модуляции является стеганографическим методом с высокой пропускной способностью, с помощью которого встраиваются биты сообщения в отдельные пиксели путем добавления к изображению шумового сигнала с вероятностным распределением, симметричным относительно нуля.

Основной идеей метода является модуляция гауссовского шума с нулевым математическим ожиданием  $\{s_i\} \sim N(0, \sigma)$  информационным сообщением  $\{b_i\} \sim \{-1; 1\}$ , где значениям бита «0» соответствует значение «-1». Тогда  $\{s_i b_i\} \sim N(0, \sigma)$ . Исходный шум предварительно убирается с помощью различных фильтров (например, Винера или медианный).

Для встраивания информации изначально оцениваются характеристики исходного шума (математическое ожидание и дисперсия), по которым генерируется стегошум  $\{s_i\}$  с использованием ключа (seed) для генератора псевдослучайных чисел. Также генерируется псевдослучайная перестановка целых чисел  $\{T_i\}$  (с ключом), которая определяет порядок «обхода» изображения для встраивания информации. И задается функция соответствия  $P$  (1), обладающая свойством антисимметричности (2).

$$P(x_i, s_i) = (-1)^{x_i + s_i}, x_i \in [1, 2s_i] \quad (1)$$

$$P(x_i + s_i, s_i) = -P(x_i - s_i, s_i), s_i \neq 0 \quad (2)$$

Далее производим встраивание информации по формуле (3), «обходя» изображение в соответствии с  $\{T_i\}$ , где  $C(x_i)$  — значение яркости исходного изображения,  $CW(x_i)$  — значение яркости результирующего изображения,  $\{b_i\} \sim \{-1; 1\}$  — бит встраиваемой информации,  $P$  — функция соответствия, а  $s_i$  — текущее значение стегошума.

$$CW(x_i) = C(x_i) + b_i * P(C(x_i) + s_i, s_i) * s_i \quad (3)$$



Для извлечения информации используется тот же подход, но формула (3) меняется на формулу извлечения информации (4).

$$b_i = P(CW(x_i), s_i) \quad (4)$$

Для модернизации используемого метода реализуется улучшенный алгоритм стохастической модуляции, в котором исходный шум необязательно должен быть симметричен относительно нуля, для этого модифицируется метод встраивания информации и используется еще одна шумовая последовательность  $\{r_i\} \sim N(m, \sigma)$ . Благодаря этому пропускная способность алгоритма увеличивается.

Оба алгоритма тестируются на изображениях, а затем применяются и к кадрам теплового видео. В качестве оценки шумовой составляющей берется либо разность кадра исходного видео и отфильтрованного, либо кадр шумового видео, предварительно составленного для данной тепловой камеры. Также для получения характеристик шума можно описанные оценки усреднить по всем кадрам. Проанализировав различные комбинации используемых методов и видео, делаем вывод о том, что результаты сильно зависят от следующих факторов:

- Характеристики шума конкретной тепловой камеры.
- Используемый фильтр.
- Способ выбора оценки.

Таким образом, использование алгоритмов стеганографического встраивания информации с использованием стохастической модуляции позволяет добиться хороших показателей по объему встраиваемой информации, поскольку они используют выявленные в результате исследования особенности тепловых видео. Применение реализованного метода к тепловым видео встраивает стегошум, который в среднем на 80% соответствует исходному (для используемых видеоданных, в том числе, для видео с тепловой камеры НИЛ-55), и при этом не наблюдается ошибок извлечения информации. Но качество встраивания сильно зависит от того, насколько исходный шум камеры близок к нормальному распределению.

### Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проекты 19-29-09045, 19-07-00357).

### Литература

1. Fridrich, Jessica & Goljan, Miroslav. (2003). Digital image steganography using stochastic modulation. Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering. 5020. 10.1117/12.479739.
2. Федосеев, В. А. Теоретические основы стеганографии и цифровых водяных знаков [Электронный ресурс] : [учеб. пособие] / В. А. Федосеев, В. А. Митекин ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Самар. нац. исслед. ун-т им. С. П. Королева (Самар. ун-т). - Самара : Изд-во Самар. ун-та, 2017. - on-line. - ISBN = 978-5-7883-1130-2



Д.А. Козлов, В.А. Федосеев

## МЕТОД ВСТРАИВАНИЯ СТОЙКИХ ЦИФРОВЫХ ВОДЯНЫХ ЗНАКОВ В ДАННЫЕ ТЕПЛОВИЗИОННОЙ СЪЁМКИ

(Самарский университет)

В данной работе основным объектом рассмотрения являются тепловые видео.

Целью и задачей исследования стала разработка программного обеспечения, выполняющего выделение и определение характеристик шума камеры в тепловом диапазоне, а также исследование JND-маскирования теплового видео при встраивании скрытой информации в отфильтрованные от шума кадры теплового видео.

Для оценки шума камеры выполняется построение среднего кадра по рассматриваемому статичному отрезку видео. Средний кадр формируется как усредненное по времени значение каждого пикселя.

В качестве рассматриваемого метода в данной работе выбран метод E\_BLIND/D\_LC. Он представляет собой простейшую ЦВЗ-систему с расширением спектра. Встраивание ЦВЗ осуществляется по аддитивной формуле.

Чем меньше значение  $\alpha$ , тем сложнее обнаружить информацию, встроенную в изображение и тем больше риск неудачного извлечения информации.

Поэтому для эффективного встраивания информации необходимо подобрать в некотором смысле оптимальное значение этого параметра.

Собственно, в данных экспериментах к оптимальным значениям приблизилось значение  $\alpha$  равное корню дисперсии шума. Это значение статистически зависит от шума камеры.

В качестве метода фильтрации был рассмотрен фильтр Винера с нормальным распределением с нулевым средним и дисперсией равной дисперсии отдельного кадра с шумом.

Маска «едва различимых искажений» (Just Noticeable Distortion, JND) используется для достижения разумного компромисса между незаметностью искажений при встраивании ЦВЗ и их стойкостью. Она использует особенности человеческого восприятия визуальной информации. Встраиваемая с помощью данных масок информация концентрируется в областях с существенными перепадами яркости и практически отсутствует в тех областях, где яркость распределяется равномерно.

*Первый метод* JND-маскирования основан на поиске максимума градиента, вычисляемого при помощи свёртки рассматриваемого изображения с матрицами, более подробно описанными в [1]. Максимум градиента даёт информацию об областях изображения с существенными перепадами яркости.



Второй метод основан на адаптации яркости изображения. И вычисления происходят по следующим формулам, более подробно описанным в [1]:

$$LA(x) = \begin{cases} a_0 + a_1 \sqrt{B(x)/B_0}, & B(x) < B_0 \\ \gamma[1 + B(x)], & B(x) \geq B_0 \end{cases}$$

Третий метод основан на использовании структурной неопределенности, вычисляемой согласно корреляции между соседними пикселями. Структурная неопределенность используется совместно с адаптацией яркости и вычислением градиентов, как в первых двух случаях [2].

Четвертый метод также совмещает в себе первые два. Помимо этого, методом учитывается структурная регулярность изображения [3].

Затем в средний кадр был встроено с применением данных масок шум с нормальным распределением, как имитация встраивания ЦВЗ. Встраивание производилось по аддитивной формуле. Для всех полученных данных были вычислены показатели PSNR и SNR.

В качестве наборов данных для первичного тестирования встраивания информации с использованием JND-маскирования были выбраны 9 тепловых видео. Пять из них найдены в различных источниках, ещё четыре сняты тепловой камерой в НИЛ-55 Самарского университета. Из всех видео для рассмотрения выбран стационарный участок, на котором отсутствует какое-либо ярко выраженное движение. Далее на всех этих стационарных участках определён средний кадр, для использования его в качестве отбеленного кадра.

Таблица 1 – Значения метрик для кадров с выполненной имитацией встраивания

Номер метода построения JND-маски	Метрика	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	PSNR	38,33	43,11	42,24	41,60	42,94	41,98	41,86	43,29	43,29
	SNR	34,86	35,92	35,54	35,38	35,08	35,98	33,07	37,15	37,15
	MSE	9,55	3,18	3,88	4,49	3,30	4,12	4,24	3,05	3,05
2	PSNR	34,76	33,84	32,17	32,53	31,54	36,99	31,52	37,11	37,10
	SNR	31,29	26,66	25,47	26,31	23,67	30,99	22,73	30,97	30,96
	MSE	21,72	26,87	39,47	36,32	45,65	13,00	45,84	12,65	12,68
3	PSNR	40,16	43,61	40,19	39,68	38,59	43,63	42,82	49,56	49,47
	SNR	36,69	36,43	33,48	33,46	30,73	37,63	34,03	43,42	43,33
	MSE	6,27	2,83	6,23	7,00	9,00	2,82	3,40	0,72	0,73
4	PSNR	32,63	33,28	32,21	31,45	31,43	32,48	29,44	35,09	35,08
	SNR	29,15	26,10	25,50	25,23	23,57	26,48	20,64	28,94	28,94
	MSE	35,51	30,54	39,13	46,58	46,73	36,73	74,04	20,16	20,16

Таким образом, мы видим по результатам, приведенным в таблицах исследования, что наиболее успешны методы 1 и 3. Этот вывод следует из того факта, что для данных методов сумма квадратов отклонений метрик от метрики



для исходного кадра оказалась минимальной. Причём третий метод даёт лучшие результаты на первой части набора данных, собранный в различных источниках, а первый метод даёт лучшие результаты на результатах, полученных камерой НИЛ-55. Это может быть обусловлено как самой камерой, так и характером съёмки, так как все тестовые видео снимались в помещении, в отличие от найденных наборов данных, в которых преобладают уличные камеры.

### **Благодарности**

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проекты 19-29-09045, 20-37-70053).

### **Литература**

1. Wu, J. & Qi, F. & Shi, G.. (2011). Unified spatial masking for just-noticeable difference estimation. APSIPA ASC 2011 - Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference 2011. 447-450.
2. J. Wu, W. Lin and G. Shi, "Structural uncertainty based just noticeable difference estimation," 2014 19th International Conference on Digital Signal Processing, Hong Kong, 2014, pp. 768-771.
3. Jinjian, Wu & Qi, Fei & Shi, Guangming. (2012). Self-similarity based structural regularity for just noticeable difference estimation. Journal of Visual Communication and Image Representation. 23. 845-852.

Н.М. Кусакина

## **ПРИМЕНЕНИЕ АНАЛИЗА БОЛЬШИХ ДАННЫХ В ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

(Самарский государственный технический университет)

Управление сетевой политикой и ресурсами в компьютерной сети организации с каждым днём становится всё более сложной задачей. Этому способствует ежедневный рост сетей, подключение новых устройств, обновление приложений, а также значительное увеличение объемов передаваемого трафика.

В тоже время реагирование на события систем мониторинга находится в зависимости не только от критичности оборудования и размещенных систем, но и от информации о типе и свойствах сетевого трафика. По этой причине анализ сетевого трафика, не только входящего из вне, но и циркулирующего внутри периметра, может представлять проблему для систем управления сетью по причине своей разнородности. Чтобы помочь справиться с данной ситуацией вперед выступает аналитика больших данных. Данные, которые обрабатываются со стороны кибербезопасности, весьма разнообразны и слабоструктурированы. Они содержат в себе и контент социальных сетей, и



журналы истории браузеров, лог файлы серверов и данные потока кликов в Интернете, электронные письма клиентов, спам, трафик взаимодействия серверов внутри АС и сведения о сработке датчиков систем мониторинга.

Целью анализа данных в таком случае становится обнаружение соответствующей структурированной информации: тенденции рынка, сезонность сработок мониторинга, скрытые модели и ранее неизвестные корреляции. Любой бизнес может использовать аналитику больших данных для устранения угроз кибербезопасности.

Анализ больших данных в сочетании с сетевыми потоками и системными событиями мониторинга поможет выявить нарушения и подозрительные действия. Так, используя аналитику больших данных, можно разработать базовые показатели для систем мониторинга, основанные на статистической информации штатного функционирования системы. Пример: мониторинг событий в режиме реального времени. (on-line режим).

Но использование в аналитике больших данных не только статистики, но и связки машинного обучения с аппаратом нейронных сетей позволяет бизнесу провести более тщательный анализ собранной информации. Например, интеллектуальные системы, построенные на основе использования аппарата искусственных нейронных сетей, находят широкое применение в области проектирования новых средств защиты.

Одним из их главных преимуществ искусственных нейронных сетей является возможность анализа неполных входных данных или сигналов с какими-либо помехами, а также проведение нелинейного анализа произошедших событий (в случае распределённого внешнего воздействия на сеть). В этом случае каждое событие в сети будет иметь собственный вес, что важно, так как в реальном сетевом трафике пакет может искажаться как умышленно, так и в результате непреднамеренного сбоя работы системы.

Возможности применения нейронных сетей в Кибербезопасности широко обсуждаются в профессиональном сообществе уже несколько лет. Проведен анализ используемых методов машинного обучения для выявления аномалий сетевого трафика для определения актуального направления развития [3-6].

В результате анализа исследований по применению нейронных сетей для выявления сетевых аномалий сделан вывод, что гибридные нейронные сети весьма эффективны для поиска оптимального решения при ограниченном объеме данных. На основе проведенного анализа используемых архитектур искусственных нейронных сетей принято решение об использовании гибридной нейронной сети на CNN и RNN. Созданная модель изображена на рисунке 1, она реализована нами на языке Python с использованием Keras и бекендом Tensorflow.

К сбору датасета и предпроцессингу данных решено перейти, исходя из следующей идеи: сетевые взаимодействия различных служб и приложений можно представить в виде набора потоков транспортного уровня, каждый со своими особенными характеристиками. Аналогично, каждый поток относится к какому-либо сервису/приложению, таблица соотношения, которых применяется



для обучения модели нейронной сети. С математической точки зрения, определение типа потока будет решением задачи мульти-классовой классификации.

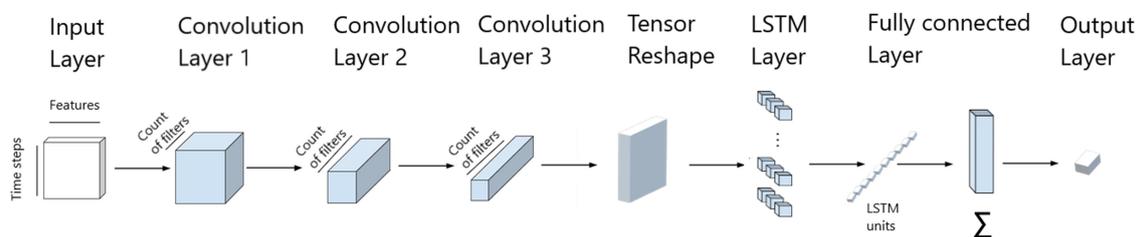


Рис. 1. Модель гибридной сети CNN+ RNN

Сбора трафика для составления дата сета производился в два этапа:  
в течение суток с пограничного МСЭ собирался трафик, соответствующий, режиму штатного функционирования сети;  
в течение выделенного периода времени проведены атаки на ресурсы сети, и собран соответствующий трафик.

На основе этих двух дампов собран входной датасет, разделенный в последующем на тренировочный (обучающий) набор – 70% данных, и тестовый набор – 30%. Такое разделение является стандартной практикой для оценки работы модели.

Датасет состоит из, примерно, 1 000 000 сетевых потоков, каждый из которых состоит из двадцати пакетов, совместно использующих уникальную двунаправленную комбинацию IP-адресов источника и назначения, их номеров портов, а также транспортного протокола. Любой последующий пакет текущего потока отбрасывается. Данное ограничение принято нами, поскольку этого количества пакетов в потоке достаточно для идентификации отдельного соединения, а большее число пакетов снизит производительность разрабатываемого классификатора.

Аналогично, каждый поток относится к какому-либо сервису/приложению, таблица соотношения которых необходима для обучения модели нейронной сети. То есть под определением типа потока мы понимаем определение приложения, которое использует данный поток, протокол прикладного уровня.

Составление надежного и полного набора признаков является важной частью процесса создания модели классификатора на основе нейронных искусственных сетей, так как результате мы должны получить в простой компактной форме описание всех необходимых признаков для обучающей выборки. Датасет для обучения нейронной сети оказался несбалансированным, так как распределение частот появления потоков той или иной службы получилось неравномерным. Данная закономерность характерна для разнородной компьютерной сети, содержащей множество различных информационных систем и устройств.



Разнородность входного датасета была принята во внимание, поскольку его несбалансированность влияет на итоговую точность работы алгоритма. Так как объекты самого многочисленного класса могут вносить больший вклад в метрику точности. В дальнейшем, при расчете итоговых показателей метрик алгоритма было использовано макро-усреднение, чтобы выровнять вносимое классами влияние.

Основными метриками при оценке алгоритмов machine learning являются: точность, полнота и F-мера [1-2]. В нашем случае мульти-классовой классификации точность (Precision) и полнота (Recall) рассчитываются с использованием матрицы неточностей (confusion matrix), размерность которой  $N$  на  $N$ , где  $N = 9$  — количеству выходных классов.

Точность каждому классу равняется отношению соответствующего диагонального элемента матрицы и суммы всей строки класса  $c$ :

$$\text{Precision}_c = \frac{A_{c,c}}{\sum_{i=1}^9 A_{c,i}}$$

Полнота класса  $c$  вычисляется как отношение диагонального элемента матрицы и суммы всех элементов столбца класса  $c$ :

$$\text{Recall}_c = \frac{A_{c,c}}{\sum_{i=1}^9 A_{i,c}}$$

Дальнейшее вычисление данных метрик для алгоритмов мульти-классовой классификации, как правило, идет по одному из вариантов: микро- или макро-усреднение.

В первом случае для каждой подзадачи бинарной классификации из рассматриваемого множества задач вычисляются показатели точности, полноты. Далее их величина усредняется по всем задачам, и по усредненным показателям вычисляется итоговая метрика. В случае макро-усреднения сначала для каждого класса вычисляется итоговая метрика (точность/полнота), а затем результаты усредняются по каждому из классов. Результирующая точность, как и полнота, является средним арифметическим точности (полноты) по всем классам.

Как выше описано, решено использовать именно макро-усреднение, так как в этом случае каждый класс будет вносить равный вклад, независимо от своего размера. Далее произведен расчет F-меры ( $F\beta$ ). Которая представляет собой гармоническое среднее между точностью и полнотой: она стремится к нулю, если точность или полнота стремятся к нулю; достигает максимума в единицы при стремлении точности и полноты к единице. В формуле ниже  $\beta$  принимает значения в диапазоне  $0 < \beta < 1$  в случае, если точность имеет больший приоритет.



При итоговой точности создаваемой модели более 95% возможен переход от «пороговых» правил в сторону поведенческого анализа потоков в промышленном использовании предлагаемого классификатора. Дальнейшее применение классификатора рассматривается в связке с IDS/IPS системами.

### Литература

1. Колесниченко Д., “Машинное обучение на практике” [Электронный ресурс], 2018 - URL Режим доступа: <https://xaker.ru/2018/08/01/rts-tender/> (дата обращения 15.03.2019).
2. Полякова Е.В., “Исследование методов машинного обучения для анализа и принятия решений на основе данных Интернета вещей” [Электронный ресурс], 2018 - URL Режим доступа: <https://publications.hse.ru/chapters/204754963> (дата обращения 15.03.2019).
3. С.-У. Lee, P. W. Gallagher, and Z. Tu., «Generalizing pooling functions in convolutional neural networks: Mixed, gated, and tree», [Электронный ресурс], 2015 - URL Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/1509.08985> (дата обращения 15.03.2019).
4. Z. C. Lipton, J. Berkowitz, and C. Elkan, «A critical review of recurrent neural networks for sequence learning», Электронный ресурс], 2015 - URL Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/1506.00019> (дата обращения 15.03.2019).
5. Middlemiss M., Dick G., «Feature Selection of Intrusion detection data using a hybrid genetic of hybrid Intelligent systems», IOS Press Amsterdam, 2018.
6. F. Pierazzi, G. Apruzzese, M. Golajanni. A. Guido, «Scalable architecture for online prioritization of cyber threats», International Conference on Cyber Conflict, 2017.

К.Ф. Родичев, Ф.А. Дмитриев

### РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ШИФРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ ГРАФОВ

(Самарский университет)

Цель: создание алгоритма шифрования и исследование свойств шифра.  
Задачи:

- Ввести основные понятия для описания алгоритма.
- Описать идею представления числа в виде графа.
- Разработать алгоритм шифрования на основе изложенной идеи.
- Написать программную реализацию алгоритма.
- Обосновать соответствие алгоритма изложенным требованиям.
- Проанализировать криптостойкость алгоритма.



## **Основные понятия, используемые в докладе**

Специальные вершины – термин, использующийся в рамках данной работы – подмножество вершин графа, для каждой вершины которого определено множество смежных вершин. Эти множества не пересекаются и в объединении с множеством специальных вершин дают все множество вершин графа [1].

## **Введение**

В современном мире, с ростом вычислительных мощностей, теория графов получила очень широкое применение. В большинстве случаев ее аппарат используется для решения оптимизационных задач. Однако, наряду с областями науки, в которых уже сегодня активно применяется теория графов, существуют области, в которых она еще не нашла широкого применения.

Одной из таких областей является криптография. Современные стандарты шифрования как блочные, так и поточные не используют теорию графов. Безусловно, существуют исследования, посвященные ее применению в криптографии [4,5]. Но в них не реализуются предложенные механизмы шифрования и не анализируют результаты их внедрения.

Актуальность данного исследования заключается не только в новизне предлагаемого алгоритма шифрования, но и в его качественном отличии – использовании теории графов. Практическая направленность состоит в программной реализации алгоритма для дальнейшего исследования и анализа.

## **Описание идеи представления числа с помощью графа**

В основу алгоритма легла идея представления числа с помощью графа, возникшая при решении олимпиадной задачи по шифрованию. В ней для шифрования натурального числа  $N$  используется связный граф. Исходное число представляется в виде суммы натуральных чисел, которые «записываются» в вершины графа. Таким образом, у каждой вершины появляется значение. Затем к значениям вершин прибавляются значения из смежных вершин. В результате получается граф, в котором зашифровано исходное число. Получить это число можно, сложив значения специальных вершин.[2]

### **Разработка алгоритма шифрования на основе изложенной идеи**

Изложенная идея не отвечает на следующие вопросы:

- Любое ли число можно зашифровать с помощью графа?
- Сколько слагаемых должно быть в представлении числа в виде суммы?
- Какие ограничения накладываются на эти слагаемые?
- Сколько специальных вершин необходимо выбирать и как это делать?
- По какому алгоритму представлять число в виде суммы слагаемых?
- Как строить граф, зная его «специальные» вершины?

Чтобы ответить на эти вопросы необходимо определить, к какому типу будет относиться шифр и каким требованиям он должен соответствовать.



Будем использовать симметричное блочное шифрование вида SP-сеть. Такой выбор обусловлен тем, что графы представимы в виде матриц – блоков. SP-сеть была выбрана, так как при ее использовании проводить матричные операции эффективнее (с временной точки зрения), чем в сети Фейстеля.

Основными требованиями к алгоритму стали: наличие лавинного эффекта [3] и отсутствие линейности преобразований.

Таким образом, ответив на поставленные вопросы, и, учтя требования, мы разработали алгоритм, в котором число шифруется на графе из 8 вершин, а в качестве ключа выступают их значения.

Разработанный алгоритм:

1. Получить числовое представление символа в соответствии с кодировкой.
2. Разбить полученное число  $N$  на сумму из 8 слагаемых по алгоритму:
  - Диапазон значений для  $k$ -ой вершины –  $d_k$ , значение вершины –  $v_k$ .
  - Определить диапазон значений для текущего элемента по формуле (1).

$$d_k = [1, (N - (n - k) - \sum_1^{k-1} v_i))] \quad (1)$$

- Выбрать случайным образом значение  $v_k$  из диапазона  $d_k$ .
  - Повторять предыдущие пункты  $N$  раз.
3. Сформировать первичный ключ из значений этих слагаемых.
  4. Составить матрицу смежности для графа.
    - a. Найти число специальных вершин из диапазона.
    - b. Определить, какие из вершин графа будут являться специальными.
    - c. Для специальных вершин сформировать списки смежности.
    - d. Составить матрицу смежности графа и дополнить ее отношениями между множествами смежности специальных вершин.
  5. Зашифровать число с помощью матрицы и первичного ключа.
    - a. Получить крипто-ключ. Для этого для каждой из 8-и вершин:
      - i. Найти сумму значений всех смежных с ней вершин.
      - ii. Полученную сумму сложить со значением самой вершины и записать в крипто-ключ.
    - b. Сформировать 12 ключей для раундов, используя S-box.
    - c. В цикле 12 раз произвести раунд шифрования:
      - i. XOR матрицы и ключа.
      - ii. Закольцованный сдвиг значений  $i$ -й строки и столбца матрицы на значение, равное  $i$ -му значению ключа.
      - iii. Циклический сдвиг строк на  $n$  влево, где  $n$  – номер строки.

Для изложенного алгоритма была разработана программная реализация.



### Соответствие алгоритма изложенным требованиям и его анализ

Проверка на соответствие требованиям и анализ проводились с помощью программной реализации алгоритма.

Для проверки на соответствие требованию лавинного эффекта был многократно зашифрован один символ, и найдено количество совпавших бит в шифроблоках путем их попарного сравнения. Анализ был проведен с помощью математической статистики. В качестве случайной величины было взято количество совпадающих бит. В результате, для выборки из 1000 шифроблоков был получен полигон частот в виде нормального закона распределения (рис. 1). Также было получено, что случайная величина в 99% случаев попадает в диапазон  $[\bar{x} - \sigma, \bar{x} + \sigma]$ , что говорит о низкой дисперсности.

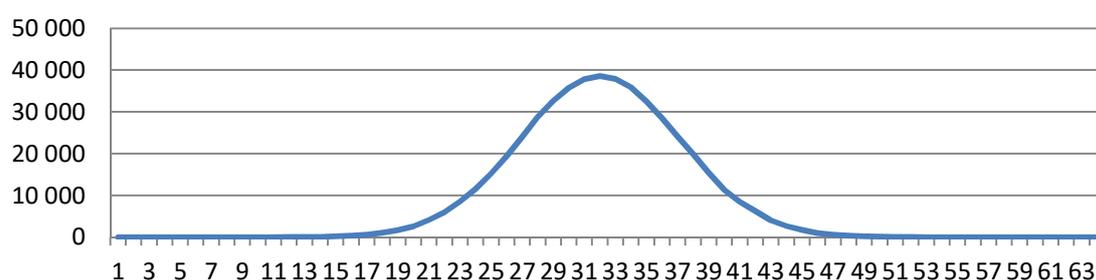


Рис. 1. Полигон частот для случая со 1000-ми шифроблоками

На основании вышеизложенного можно заключить, что в большинстве случаев для одного и того же числа мы получим в половину отличающиеся шифроблоки, что говорит о наличии лавинного эффекта.

Соответствие требованию нелинейности преобразований обусловлено использованием таблицы подстановки (S-box) для генерации ключей раундов из исходного ключа.

Таким образом, алгоритм удовлетворяет изложенным требованиям.

Дальнейший статистический анализ был произведен с целью определения криптостойкости алгоритма, его результаты приведены в выводе.

### Вывод

1. Алгоритм соответствует требованиям наличия лавинного эффекта и нелинейности преобразований, что говорит о его общей надежности.

2. Алгоритмом не соблюдаются такие требования абсолютной устойчивости как уникальность генерируемого ключа, его статистическая надежность, а так же избыточность информации в открытом тексте. При этом, как можно заключить из криптоанализа, полученные несоответствия нельзя назвать критическими. Несоответствие требованию уникальности ключа не критично, так как вероятность появления одинаковых ключей мала ( $\approx 6,1E-21$ ). Наблюдаемая статистическая ненадежность ключа (рис. 2.) прослеживается в незначительном отклонении от равномерного распределения вероятности появления «1» в 7-м и 8-м бите каждого байта. Максимальное отклонение составляет 0.03.

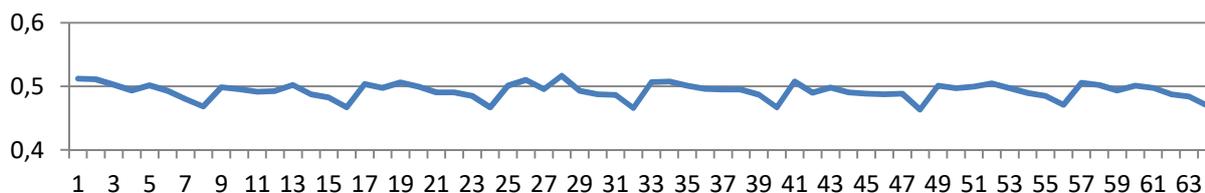


Рис. 2. Гистограмма для расширенной выборки

Отсутствие избыточности информации, может быть решено за счет введения битов четности для строк и столбцов матриц.

3. Сложность взлома прямым перебором оценивается комбинациями ключа. Зная, что современные суперкомпьютеры подбирают около  $2^{44}$  ключей, обеспечивая ими все население планеты -  $2^{33}$  человек, нам потребуется  $2^{128-44-33-25} = 2^{26}$  лет. Однако, беря в учет закон Мура и прогнозируемые Intel качественные улучшения процессоров, получим, что с помощью прямого перебора понадобится  $26 * 1,5 = 39$  лет на взлом.

Из вышесказанного можно заключить, что разработанный алгоритм относится к достаточно стойким. Но таковым он будет до тех пор, пока не будет найдена эффективная атака с использованием эвристик. Реализация такой атаки может стать следующим шагом в исследовательской работе по этой теме.

### Литература

1. Емеличев, В.А. Лекции по теории графов [Текст]: учеб. пособие / [В.А. Емеличев, О.И. Мельников и др.] — М.: Наука, 1990 - 384 с.
2. Межрегиональная олимпиада школьников по математике и криптографии [Электронный ресурс]: Олимпиадная задача 2010/2011. URL: [http://v-olymp.ru/cryptolymp/archive\\_task/469/3463/](http://v-olymp.ru/cryptolymp/archive_task/469/3463/)
3. Katz, J. Introduction to modern cryptography / J. Katz, Y. Lindell — CRC Press. — 2008. — P. 166—167.
4. Ustimenko, V.A. On graph-based cryptography and symbolic computations / V.A. Ustimenko // Serdica.Journal of Computing. — 2007. — P. 131-156.
5. Yamuna, M. Encryption using graph theory and linear algebra/ M. Yamuna, M. Gogia, A. Sikka, Md. Jazib Hayat Khan //International Journal of Computer Application. — 2012 — ISSN:2250-1797



В.И. Шаповалова

## ВОПРОСЫ ЗАЩИТЫ ЛИЧНЫХ ДАННЫХ

(Томский государственный архитектурно-строительный университет)

Информационная безопасность в современном мире в значительной степени становится главной проблемой безопасности в нашей повседневной жизни. С постоянным увеличением онлайн активности информация становится все более и более важным орудием в руках человека. Важность защиты информации сегодня невозможно переоценить. Владение информацией позволяет человеку контролировать, создавать и разрушать не только компании, бизнес, но и отдельных людей. Сбор и правильное обращение с информацией помогают различным корпорациям расти и увеличивать свою прибыль, оставаясь весьма и весьма конкурентоспособными на рынке. Но не только сбор общей информации играет важную роль. Персональная информация может оказаться чрезвычайно ценной в зависимости от того, как ею воспользоваться[1].

Тем не менее, часто компании и различные организации принимают крайние технологические меры для защиты своей информации, но их работа зачастую оказывается под угрозой, поскольку сотрудники не понимают, что защита их личной информации также имеет немалое значение и утечка абсолютно любой информации может нанести ущерб организации, в которой они работают. Сегодня большинство людей не принимают необходимых мер предосторожности, для защиты своих персональных данных. Представим себе крупную организацию с высочайшим уровнем внутренней информационной защиты, но что может произойти, если личная электронная почта генерального директора или любого другого значимого сотрудника, работающего с огромным количеством данных, будет взломана, а вся информация, хранящаяся там, будет украдена? Есть еще сотни сценариев, подобных этому, которые демонстрируют, что надлежащая информационная безопасность нужна каждому отдельному человеку[2]. Поскольку социальные сети являются важной и неотъемлемой частью нашей жизни, большинство людей получают информацию исключительно оттуда. Но чем чревато массовое распространение ложной информации внутри популярных платформ? Ответ на этот вопрос вполне очевиден – это влечет за собой информационный кризис. С этой проблемой не так просто бороться, потому что зачастую информационный кризис возникает как рефлекс социальных изменений, а они в свою очередь представляют собой непрекращающийся постоянный процесс. Это часто усугубляет и без того сложную ситуацию, поскольку ложная информация распространяется публично, вызывая массовые взрывы реакций, которые, как правило, несут яркий и эмоциональный характер, порождая беспорядки и дальнейшие волнения[3].



Поддельные новости – это пропаганда, которая состоит из преднамеренной дезинформации или обмана, распространяемого в традиционных печатных и вещательных средствах массовой информации или онлайн-социальных сетях. Они пишутся и публикуются с намерением ввести в заблуждение, чтобы нанести ущерб частным лицам, организациям и даже целым сферам жизнедеятельности человека, или же получить финансовую, а возможно и политическую прибыль. Такой вид ложной информации часто подается с приукрашенными и запоминающимися заголовками, скрывающими за собой частично или полностью сфабрикованный пакет информации, нацеленный на увеличение читательской аудитории, онлайн-обмена данными и как следствие дохода. В основном весь этот поток фейковых новостей интегрируется в популярные социальные сети и, что можно легко заметить, вызывает именно негативные эмоции, которые, как известно, являются одними из самых сильных. Получив такую порцию новостей читателю, безусловно, захочется ими поделиться, и таким образом происходит дальнейшее распространение отрицательных эмоций, словно вируса. Часто распространителями являются те, кто просто не понимает, что это может иметь огромные последствия, и относится к этому как к шутке[4].

Если в случае с заполнением медиа каналов манипулирующими новостям можно рассчитывать только на собственную осведомленность и объективность, то какие меры можно предпринять непосредственно для защиты собственной информации? Один из способов - аутентификация при попытке получить доступ к каким-либо данным. Она гарантирует, что только уполномоченным лицам разрешен доступ к определенным областям в соответствии с политикой компании, если говорить об общей безопасности, или настройками персональных гаджетов, если говорить о частной безопасности. Еще один способ обеспечения конфиденциальности – это использование шифрования. Сообщения, передаваемые внутри канала, в случае утечки окажутся зашифрованными и недоступными для третьих лиц. Разумеется, не стоит забывать и о том, что параллельно с ростом уровня защиты данных также развиваются и технологии, позволяющие взламывать и обходить эту защиту[5]. Помимо использования технической защиты информации важно не забывать и о собственной бдительности. Первое правило, которого в обязательном порядке должен придерживаться каждый сознательный человек, нужно быть уверенным что вы знаете тех, кто получает вашу личную и финансовую информацию. Не разглашайте личную информацию по телефону, по почте или через всемирную паутину. Если вы получаете электронные письма или сообщения, содержащие ссылки, не переходите по этим ссылкам, сначала проверьте источник-отправитель. Вопрос утилизации информации также имеет немаловажную роль. Прежде чем избавляться от компьютера или любого другого технического устройства, позволяющего хранить данные, избавьтесь от всей личной информации, которая там содержится. Используйте программу очистки, чтобы перезаписать весь жесткий диск компьютера, отформатируйте карту памяти на своем смартфоне, уничтожьте сим-карту, удалите все медиа данные, заметки и



тому подобное. Еще одно, пожалуй, основное правило – не следует распространять слишком много личной информации о себе в социальных сетях, а при выборе паролей для доступа к определенным ресурсам не стоит выбирать сочетание слов или символов, которое можно ассоциировать с вашими личными данными. Эти простые и, как может показаться, тривиальные правила, к сожалению, часто пренебрегаются многими пользователями, а ведь банальное соблюдение этих мер безопасности позволит в большинстве случаев, имеющих место в повседневной жизни, уберечь ваши данные[6].

Персональная информационная безопасность должна быть заботой каждого человека в нашем современном мире. Пренебрежение защитой персональных данных может сделать вас более уязвимыми для их кражи. Помимо этого, пользователи должны ответственно подходить к распространению любой информации и знать, что их действия в сети имеют последствия в реальной жизни. С точки зрения технической защиты хочется отметить, что существование продвинутых, умных технологий, позволяющих обезопасить данные, не может гарантировать полную защиту вашей информации, поскольку с ростом значимости владения информацией появляется бесконечное множество таких же продвинутых и умных способов ее теневого получения.

### Литература

1. Грошева Е. К. Информационная безопасность: современные реалии [Текст] / Е. К. Грошева, П. И. Невмержицкий // Бизнес-образование в экономике знаний. – 2017. – №3. – С. 35-38.
2. Лопатин Д. В. Информационно-коммуникационные угрозы [Текст] / Д. В. Лопатин, М. С. Анурьева, Е. А. Еремина, Е. А. Заплатаина, Ю. В. Калинина // Гаудеамус. – 2013. – №2(22). – С. 46-51.
3. Чванова М. С. Исследование влияния Интернета на социальные потребности пользователей [Текст] / М. С. Чванова, М. В. Храмова, И. А. Слетков, И. А. Кисилева, А. А. Молчанов, Н. А. Котова // Вестн. Тамбовского ун-та. Серия: Гуманитарные науки. – 2016. – №12(164). – С. 7-25.
4. Рассадина Т. А. Интернет-зависимость: информационно-коммуникативный аспект [Текст] / Т. А. Рассадина // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Общественные науки. – 2015. – №2(34). – С. 98-111.
5. Михнев И. П. Информационная безопасность на просторах мобильного интернета [Текст] / И. П. Михнев // Образовательные ресурсы и технологии. – 2015. – №1. – С. 23-27.
6. Шабуров А. С. О повышении эффективности защиты персональных данных в информационных системах открытого типа [Текст] / А. С. Шабуров, А. А. Миронова // Вестн. Пермского нац-го исслед-го политехнического ун-та. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2015. – №1. – С.23-34.



Д.А. Шибков, У.А. Савилова, Д.А. Яковлева, О.С. Машкова

## ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПОДСИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ВТОРЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ СЕТЕЙ ПЕТРИ

(Тамбовский государственный технический университет)

Программная реализация подсистемы обнаружения вторжений Petri nets Emulator позволяет моделировать развитие атакующих действий злоумышленника с целью выявления ключевых моментов атак и выработки рекомендаций по ее парированию.

Пользовательский интерфейс Petri nets Emulator, продемонстрированный на рисунке 1, представляет собой одно окно с семью вкладками, предназначенными для выполнения различных задач.

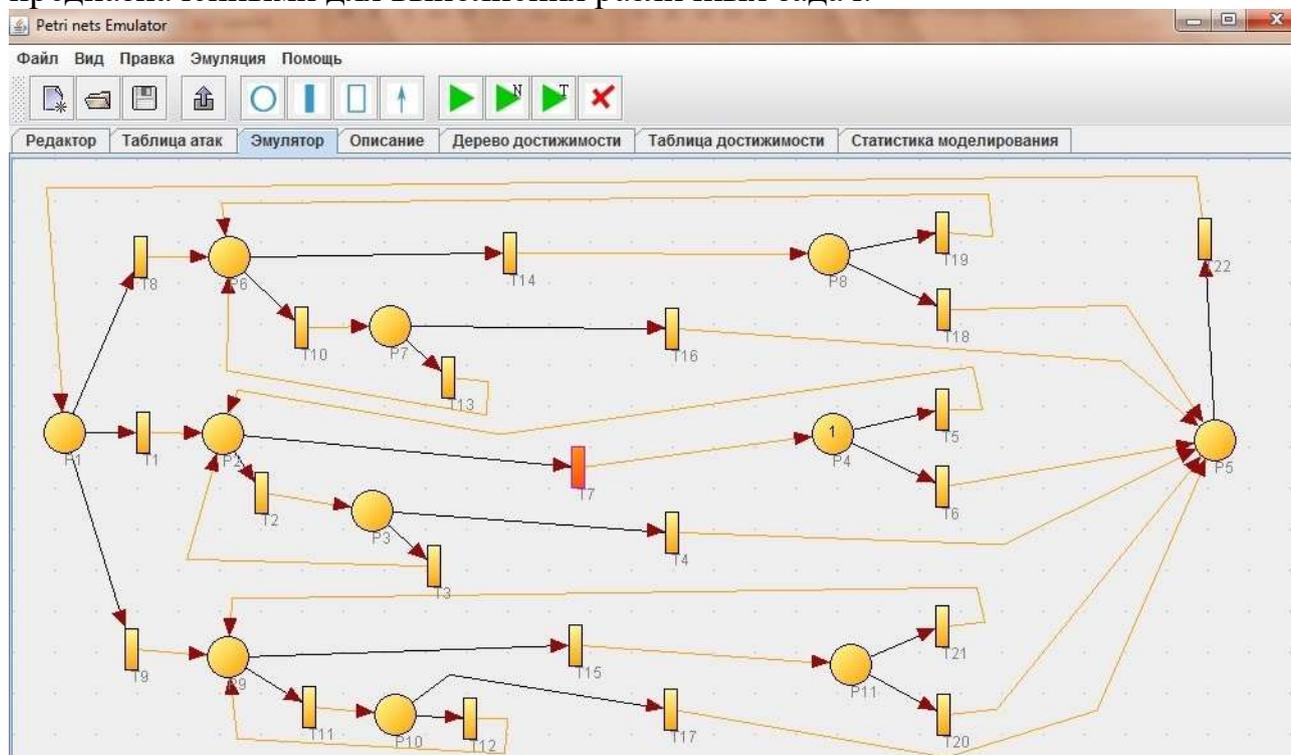


Рис. 1. Пользовательский интерфейс Petri nets Emulator

«Редактор» используется для создания новых сетевых моделей атак, а также для редактирования уже существующих.

«Таблица атак» позволяет установить связь с созданной базой данных атак, а затем выбрать атаки для эмуляции и квалификацию злоумышленника.

«Эмулятор» применяется для моделирования развития атак из базы данных с целью изучения статистических данных и расчета вероятности их успешной реализации.

«Описание» содержит таблицу связи позиций и переходов созданной сети.



«Дерево достижимости», представленное на рисунке 2, отображает связи между состояниями сети с выделением зеленым цветом нулевого состояния, оранжевым – состояния-повтора и красным – тупикового состояния при его наличии, что позволяет выполнить проверку логики построенной сети и выявить ошибки в связях.

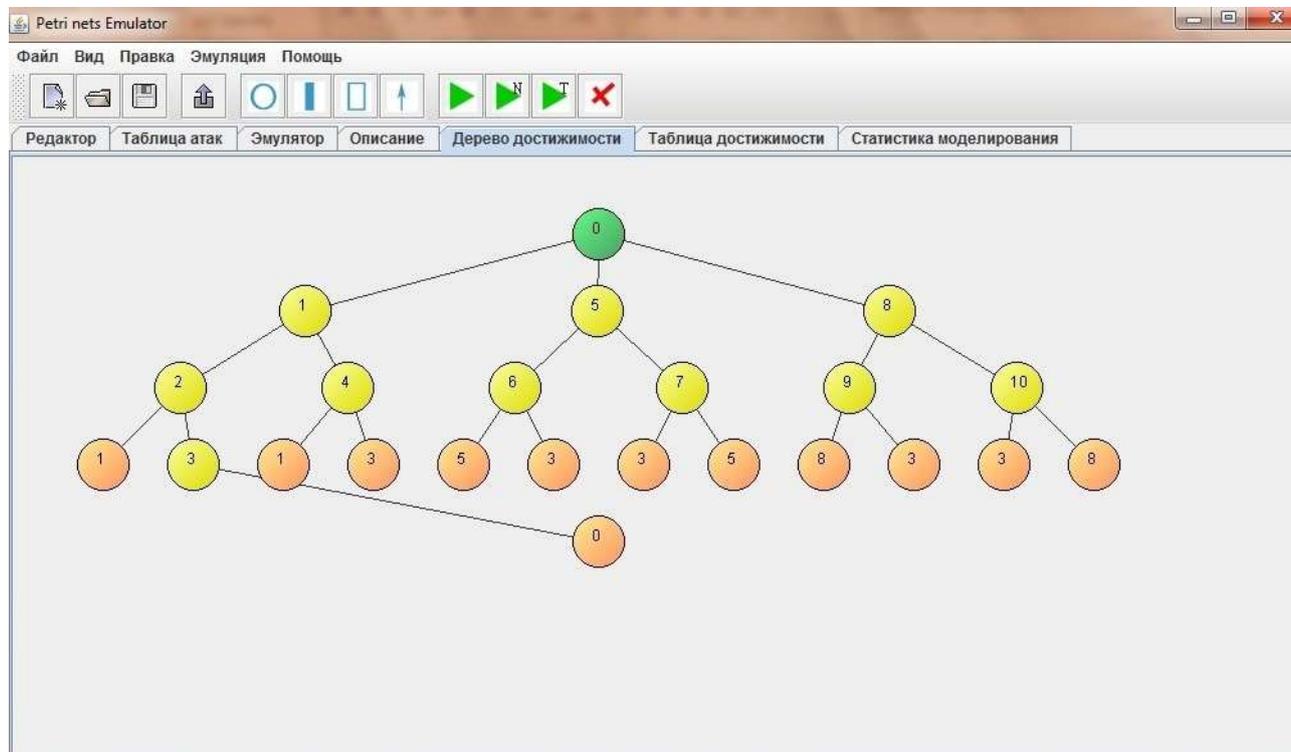


Рис. 2. Вкладка «Дерево достижимости»

«Таблица достижимости» используется для построения дерева достижимости, а также содержит информацию о связях между позициями, переходами и марковскими состояниями созданной сетевой модели атаки.

«Статистика моделирования», представленная на рисунке 3, содержит отчеты о результатах моделирования и диаграммы с частотами прохождения фишки через позиции, средним временем работы переходов, средним временем возврата сети в каждое состояние и статистической вероятностью перехода сети в каждое состояние.

Сеть Петри, формализующая общую стратегию развития атакующих действий злоумышленника, создана в качестве основы для использования в моделях конкретных атак различной сложности, но если при использовании составные переходы будут рассматриваться как обычные, то с ее помощью можно рассчитать статистические вероятности успешной реализации атак низкой, средней и высокой сложности в зависимости от выбранной квалификации злоумышленника. При этом модель может учитывать вероятность выбора злоумышленником атаки той или иной сложности [1-2].

По результатам моделирования составлена диаграмма, представленная на рисунке 4. Лингвистические переменные сложности атак и соответствующие



им квалификации злоумышленников взяты в неизменном виде из баз данных уязвимостей [3-5].



Рис. 3. Вкладка «Статистика моделирования»

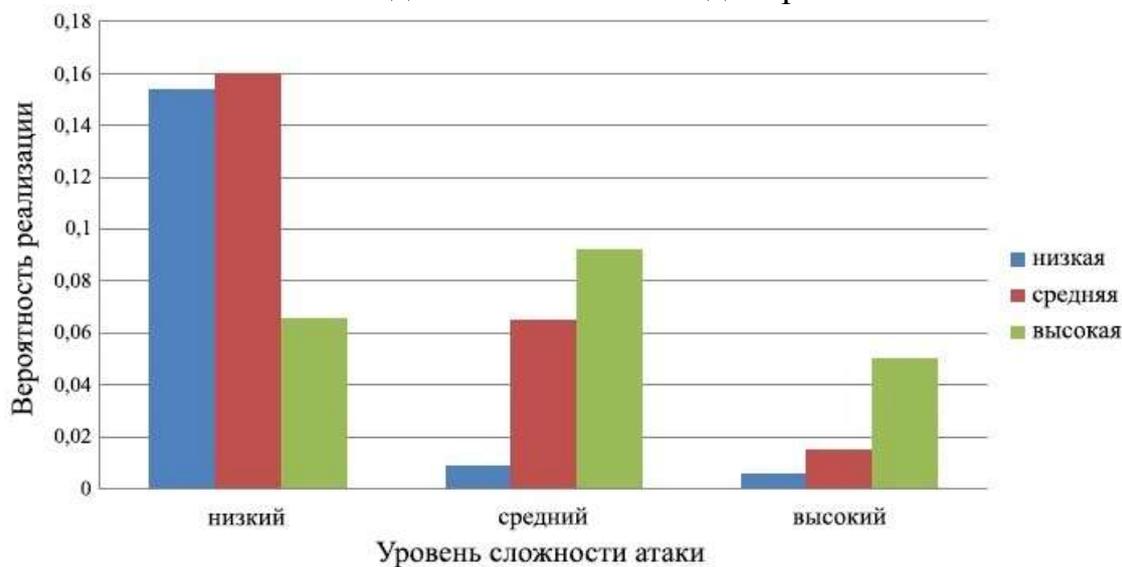


Рис. 4. Диаграмма вероятности реализации атаки в зависимости от квалификации злоумышленника

В следствии предусмотренной моделью возможности выбора злоумышленником атаки выходит так, что у злоумышленника высокой квалификации вероятность реализации атаки низкой сложности меньше, чем у менее квалифицированных злоумышленников. Это связано с тем, что деятельность профессиональных хакеров направлена в основном на получение прибыли, а атаки низкой сложности не позволяют им достичь этой цели,



поэтому проводятся намного реже и лишь в качестве вспомогательных или подготовительных действий.

Отсутствие в Petri nets Emulator сенсорной части приводит к невозможности ее проверки в качестве полноценной системы обнаружения вторжений на созданных моделях реальных атак. Поэтому развитие данных атак также было смоделировано с учетом указанных вероятностей и среднего времени работы переходов для каждой из трех возможных квалификаций злоумышленников.

Результаты моделирования с вероятностью успешной реализации представлены на рисунке 5. Диаграмма отражает вероятность успешной реализации каждой атаки, в случае если бы злоумышленник начал пробовать их реализовать в случайно выбранной целевой системе.

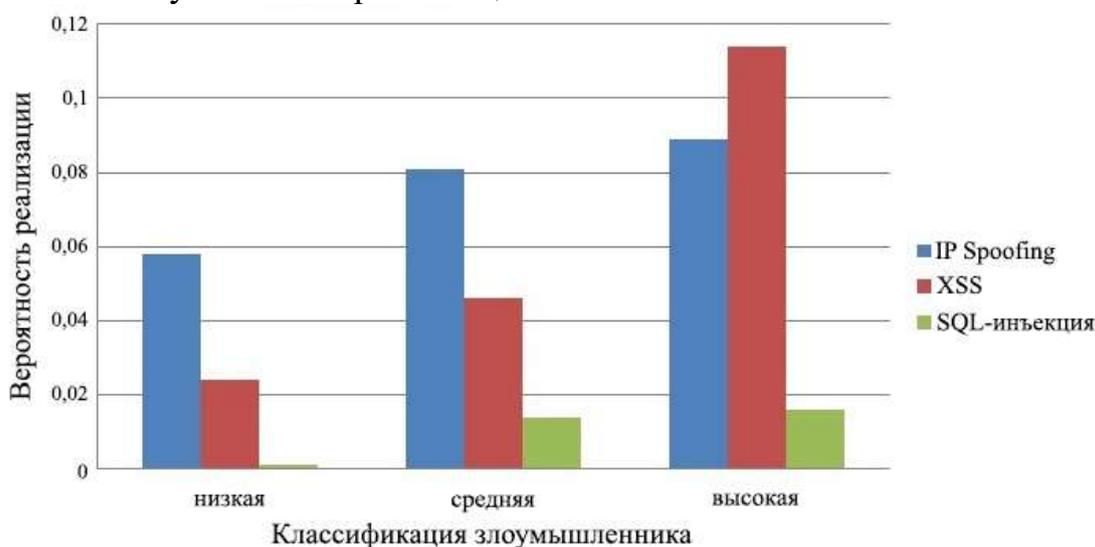


Рис. 5. Диаграмма вероятности реализации конкретных атак

Программное обеспечение Petri nets Emulator представляет собой часть системы обнаружения вторжений. В случае его дополнения сенсорами сбора информации и подсистемой преобразования до прикладного уровня, Petri nets Emulator сможет функционировать как полноценная система обнаружения вторжений.

### Литература

1. Котов В.Е. Сети Петри / В.Е. Котов. – М.: Наука, 1984. – 160 с.
2. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем / Дж. Питерсон. – М.: Мир, 1984. – 264 с.
3. Common Attack Pattern Enumeration and Classification (CAPEC) [Электронный ресурс]. URL: <https://capec.mitre.org> (дата обращения: 06.04.2020).
4. Common Vulnerabilities and Exposures (CVE) [Электронный ресурс]. URL: <https://cve.mitre.org> (дата обращения: 06.04.2020).
5. National Vulnerability Database [Электронный ресурс]. URL: <https://nvd.nist.gov> (дата обращения: 06.04.2020).



## МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ БАЗИСНОЙ БИБЛИОТЕКИ ФУНКЦИЙ В ЗАДАЧЕ ПОИСКА ПОХОЖИХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ КОДА

(Самарский университет)

### Введение

Решение задачи поиска похожих последовательностей кода в исполняемых файлах может быть использовано для поиска известных уязвимостей в программном обеспечении (ПО) [1], поиска плагиата кода [2], детектирования вредоносных программ [3].

Настоящая работа является продолжением прежних исследований автора [4], посвященных разработке метода решения задачи поиска похожих последовательностей кода в исполняемых файлах. В данной работе рассматривается способ формирования базисной библиотеки, используемой данным методом.

Описанный в предыдущей работе автора [4] метод поиска похожих функций использует следующие базовые понятия:

- текущая библиотека – набор функций исследуемого исполняемого файла;
- архивные данные – набор известных функций и их описаний через библиотеку базисных функций;
- базисная библиотека – вспомогательный набор функций, применяемый для сравнения функций архивных данных и текущей библиотеки.

Задача, решаемая этим методом, формулируется следующим образом: для заданной функции текущей библиотеки найти наиболее релевантную функцию из архивных данных. Описание функций в данном методе формируется на основе пространственного положения команд процессора каждой функциональной группы [5] в теле функции.

Данный метод поиска похожих функций состоит из трех этапов. На первом этапе происходит представление функций архивных данных через библиотеку базисных функций и сохранение полученных описаний в архивной базе данных (БД). На втором этапе аналогичным образом формируется БД текущей библиотеки. На заключительном третьем этапе осуществляется непосредственно поиск похожих функций, в результате которого для заданной функции текущей библиотеки формируется упорядоченный по критерию евклидовой близости список функций архивных данных.

Базисная библиотека функций, используемая в данном методе, содержит 50 функций, выбранных вручную из различных исполняемых файлов. В данной работе представлен альтернативный способ формирования базисной библиотеки, позволяющий добиться улучшения качественных показателей поиска. В основе данного способа лежит использование не реальных функций, а искусственно сгенерированных функций.



### Генерация функций базисной библиотеки

Для генерации функций базисной библиотеки используется генетический алгоритм [6], который применяется для решения различных оптимизационных задач. Для описания работы данного алгоритма используется терминология биологической науки – генетики. Особь представляет собой потенциальное решение оптимизационной задачи, она кодируется *хромосомой*. Множество особей составляет *популяцию*. Работа алгоритма сводится к поиску оптимального решения задачи в процессе эволюции популяций, осуществляемой с помощью некоторых генетических операций. Данный алгоритм является эвристическим и состоит из четырех основных этапов: инициализация, селекция, скрещивание, мутация. Рассмотрим каждый из этих этапов подробнее.

На первом этапе работы алгоритма создается исходная популяция. Для этого необходимо описать структуру хромосомы и случайным образом заполнить ее содержимое для каждой особи исходной популяции. Для генерации функции базисной библиотеки будем использовать хромосому, имеющую следующую структуру. Пусть  $K$  – размер функции,  $M$  – число функций в базисной библиотеке. Тогда вектор размерности  $K * M$ , каждый элемент которого представляет собой номер группы команд процессора, будем использовать в качестве хромосомы, описывающей набор из  $M$  функций базисной библиотеки. В данной работе  $K = 100$ ,  $M = 24$ .

На этапе селекции для каждой хромосомы из текущей популяции вычисляется значение целевой функции (fitness function), которое определяет приспособленность особи. Чем выше значение целевой функции, тем с большей вероятностью данная особь получит потомство. В данной работе в качестве целевой функции используется усредненное значение средней точности поиска [4] при использовании в качестве текущей библиотеки двух различных версий библиотеки libtiff: 4.0.8 и 3.9.7. В качестве архивных данных использовались функции библиотеки libtiff 4.0.3, а в качестве функций базисной библиотеки – соответственно поочередно каждая из хромосом.

Процесс селекции заключается в выборе наиболее приспособленных особей, остальные особи «погибают». Для отбора приспособленных особей используется метод рулетки (roulette wheel method), при котором вероятность выбора особи тем выше, чем больше значение ее целевой функции. Вероятность выбора особи рассчитывается по формуле:

$$p_i = \frac{F_i}{\sum_{n=1}^N F_n},$$

где  $p_i$  – вероятность выбора особи  $i$ ,  $F_i$  – значение целевой функции для особи  $i$ ,  $N$  – количество особей в популяции.

На следующем этапе осуществляется скрещивание особей. Для каждой «выжившей» на этапе селекции особи  $A$  случайным образом подбирается пара



В. Случайным образом выбирается точка скрещивания, диапазон значений которой ограничен отрезком  $[1, \dots, K * M - 1]$ , где  $K * M$  – длина хромосомы. Эта точка разбивает хромосомы родителей на две части. Затем формируются две новых хромосомы путем обмена частями хромосом родителей. Из двух полученных хромосом случайным образом выбирается одна хромосома, и полученный потомок заменяет своего родителя  $A$  в текущей популяции. Скрещивания особи осуществляется с заданной вероятностью  $p_{crossover}$ .

На четвертом этапе генетического алгоритма к особям применяется следующая генетическая операция – мутация. Мутация так же осуществляется с заданной вероятностью  $p_{mutation}$ . Случайным образом выбирается некоторая позиция в хромосоме особи и соответствующий данной позиции элемент хромосомы меняется на случайно выбранное значение номера группы команд процессора, отличного от исходного значения.

Этапы селекции, скрещивания и мутации выполняются в цикле. Условием выхода из цикла является достижение заданного числа поколений. Так как при выполнении описанных выше генетических операций возможно уменьшение значения целевой функции у потомков, хромосома особи, обладающая наибольшим значением целевой функции в поколении, сохраняется. Результатом работы алгоритма будет хромосома, значение целевой функции которой является максимальным среди лучших хромосом каждого поколения.

В данной работе использовались следующие параметры генетического алгоритма: вероятность скрещивания  $p_{crossover} = 0.75$ , вероятность мутации  $p_{mutation} = 0.05$ , число особей в поколении  $N = 10$ , число поколений  $Gen_{num} = 75$ .

### Экспериментальные исследования

В ходе проведения экспериментальных исследований при описанных выше параметрах генетического алгоритма лучшее значение целевой функции было получено в 50 поколении –  $F_{50} = 0.8111$ . Значение целевой функции для базисной библиотеки, составленной из отобранных вручную «реальных» функций различных исполняемых файлов, вычисленной на тех же данных оказалось равным  $F_r = 0.8031$ .

Сравнение средней точности поиска похожих функций при использовании различных базисных библиотек было произведено на других исходных данных: архивные данные были представлены функциями библиотеки curl версии 7.6.3, а функции текущей библиотеки – функциями различных других версий библиотеки curl. Результаты экспериментальных исследований представлены в таблице 1.

Анализ полученных результатов показывает, что представленный в данной работе метод генерации функций базисной библиотеки позволяет повысить показатель средней точности поиска представленного в работе [4] метода поиска похожих последовательностей кода.



Таблица 1. Сравнение способов генерации базисной библиотеки

Текущая библиотека	Средняя точность поиска, используя оригинальный способ формирования базисной библиотеки	Средняя точность поиска, используя базисную библиотеку, сформированную с помощью представленного в данной работе метода
libcurl 7.5.4	0.7828	<b>0.7886</b>
libcurl 7.5.6	0.8550	<b>0.8626</b>
libcurl 7.5.9	0.8851	<b>0.8929</b>
libcurl 7.6.0	0.9036	<b>0.9089</b>

### Заключение

В работе представлен метод генерации функций базисной библиотеки, которая используется для формирования векторного описания функций исполняемых файлов в представленной ранее работе. Представлены результаты экспериментальных исследований, демонстрирующие преимущество представленного метода формирования базисной библиотеки над способом ее формирования, используемым в оригинальной работе.

### Литература

[1] David, Y. Tracelet-based code search in executables / Y. David, E. Yahav // Proceedings of the 35th ACM SIGPLAN Conference on Programming Language Design and Implementation. - 2013. - DOI:10.1145/2594291.2594343.

[2] Hemel, A. Dolstra Finding software license violations through binary code clone detection / A. Hemel, K.T. Kalleberg, R.E. Vermaas // Proceedings of the 8th International Working Conference on Mining Software Repositories. – 2011. – P. 63-72. – DOI: 10.1145/1985441.1985453.

[3] Kruegel, C. Polymorphic worm detection using structural information of executables / C. Kruegel, E. Kirda // Proceedings of the 8th International Conference on Recent Advances in Intrusion Detection. – 2005. – P. 207-226. – DOI: 10.1007/11663812\_11.

[4] Юмаганов, А.С. Метод поиска похожих последовательностей кода в исполняемых бинарных файлах с использованием беспризнакового подхода / А.С. Юмаганов, В.В. Мясников // Компьютерная оптика. – 2017. – Т. 41, № 5. – С. 756-764. – DOI: 10.18287/2412-6179-2017-41-5-756-764.

[5] x86 Assembly language reference manual [Электронный ресурс]. – 2010. – Режим доступа: <https://docs.oracle.com/cd/E19253-01/817-5477/817-5477.pdf>

[6] Holland, J.H. Adaptation in natural and artificial systems / J.H. Holland // University of Michigan Press, Ann Arbor. – 1975. – 96 p.



## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

---

И.А. Алексеев, В.А. Егунов

### БАЛАНСИРОВКА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ В ГЕТЕРОГЕННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

(Волгоградский государственный технический университет)

**Введение.** Настоящее время характеризуется высоким темпом развития информационных наук и роста потребности в вычислительных ресурсах. Это послужило толчком к развитию вычислительных систем – совокупности аппаратных и программных средств, образующих единую среду, предназначенную для решения объёмных и сложных задач. Гетерогенные вычислительные системы имеют в своем составе вычислительные блоки различных типов, распределение вычислений между этими блоками, балансировка вычислительной нагрузки, является сложной и при этом актуальной задачей.

Балансировка нагрузки предполагает решение двух задач. Первая – максимально равномерное распределение нагрузки между вычислительными узлами, вторая – распределение нагрузки на каждом узле между разнородными вычислительными элементами.

**Типы балансировки вычислительной нагрузки.** Существует несколько типов балансировки вычислительной нагрузки: статическая и динамическая. Статическая балансировка выполняется перед запуском приложения на вычислительной системе. При обеспечении отказоустойчивости узлов и гарантированном качественном соединении между узлами плюсом данного типа балансировки является возможность запоминания результатов балансировки и последующие их применения (генетические алгоритмы балансировки). Однако применение статической балансировки в ряде случаев может не дать существенного эффекта из-за того, чтобы к моменту запуска приложения вычислительная среда может измениться, например, один или несколько вычислительных узлов могут выйти из строя, вычислительные узлы, на которых осуществлялось накопление статистики, в настоящее время могут быть заняты другими вычислениями.

Вторым типом балансировки является динамическая балансировка. В динамической системе задачи могут добавляться в процессе работы системы. Распределение и разделение нагрузки меняется во времени, обновляется в ходе выполнения пользовательского приложения и задачи распределяются в соответствии с новым, более оптимальным планом.



**Методы распределения нагрузки.** Для балансировки нагрузки в гетерогенных вычислительных системах можно выделить три основных метода, которые реализуют алгоритмы балансировки: централизованная, распределённая и иерархическая балансировка.

В централизованной технике балансировки нагрузки всё распределение и решение о планировании принимается одним узлом. Этот узел отвечает за хранение базы знаний и может применять статический или динамический подход для балансировки нагрузки. Такой прием может привести к большим накладным расходам на централизованном узле.

В методе распределенной балансировки нагрузки нет единого узла, отвечающего за подготовку ресурсов или выполнение задачи о планировании ресурсов. Каждый узел в сети поддерживает свою локальную базу знаний для обеспечения эффективного распределения задач. Данный метод обеспечивает более высокую степень отказоустойчивости сети, так как ни один из узлов не будет перегружен и в случае сбоя одного из них будет выполнено перераспределение ресурсов.

Иерархическая балансировка нагрузки включает в себе различные уровни сети в принятии решения балансировки нагрузки, часто работает в режиме master / slave. Мастер получают статистику подчиненных узлов или дочерних узлов. На основании информации, собранной родителем составляется новый план распределения ресурсов.

Наиболее гибким является распределённый метод, так как он обеспечивает наибольшую отказоустойчивость, при которой балансировка нагрузки ложится на все узлы системы равномерно. Однако этот метод нецелесообразно применять для систем небольшого размера, для которых наилучшим решением будет централизованный метод в силу своей простоты реализации.

**Алгоритмы балансировки.** Алгоритмы балансировки нагрузки можно разделить на два типа: распределение потока задач между узлами сети, распределение вычислительной нагрузки на уровне пользовательского приложения. Алгоритмы первого типа оперируют с потоком задач и в зависимости от своей реализации выполняют распределение вычислительных ресурсов.

В свою очередь, алгоритмы, балансирующие нагрузку на уровне пользовательского приложения, способны также выполнять балансировку, как при запуске приложения (статически), так и во время его выполнения (динамически). Основным требованием к таким алгоритмам является параллельность самого алгоритма балансировки нагрузки. В большинстве задач, требующих динамическую балансировку нагрузки, алгоритм балансировки реализуется непосредственно в приложении «программно». Такие алгоритмы способны учитывать неоднородность узлов вычислительной системы. Некоторые библиотеки реализуют данные алгоритмы, например: Zoltan, Chaco, ParMetis, Jostle.



### Литература

1. Копысов, С. П. Алгоритмы динамической балансировки вычислительной нагрузки и их реализации [Электронный ресурс] / С. П. Копысов, А. К. Новиков, В. Н. Рычков – Ижевск : Институт механики УрО РАН. – Режим доступа: [https://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/handle/net/51926/\\_\\_\\_Main\\_48\\_20\\_63.pdf](https://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/handle/net/51926/___Main_48_20_63.pdf) (дата обращения: 23.02.2020).
2. Юрич, М. Ю. Анализ систем и методов балансировки нагрузки вычислительных систем [Электронный ресурс] / М. Ю. Юрич – Запорожье : Запорожский национальный технический университет. – Режим доступа: <http://masters.donntu.org/2012/fknt/volokhova/library/article6.pdf> (дата обращения: 23.02.2020).
3. Zoltan: Data-Management Services for Parallel Applications [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://cs.sandia.gov/zoltan/Zoltan\\_phil.html](https://cs.sandia.gov/zoltan/Zoltan_phil.html) (дата обращения: 23.02.2020).

А.С. Антоненко

## ТИПЫ КОНТЕКСТНОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ IPTV

(Волгоградский Государственный Технический Университет)

Контекстная информация для услуги IPTV. МСЭ-Т определяет четыре основных функциональных домена, участвующих в предоставлении услуги IPTV:

- Поставщик контента: эта организация владеет или продает контент для потоковой передачи Клиенту.
- Поставщик услуг: организация, предоставляющая услугу IPTV. Контент лицензируется или приобретается у Поставщика контента. Клиент покупает услугу, представляющую собой пакет, который Поставщик услуг создает из доступного контента.
- Сетевой поставщик: соединяет между собой Поставщика услуг и Клиента.
- Клиент: организация, которая покупает и использует услугу IPTV.

Из функциональных доменов IPTV можно определить четыре типа контекстов для услуг IPTV: пользовательский контекст, контекст устройства/терминала, сетевой контекст, сервисный контекст. Всё вышеперечисленное представлено на рисунке 1.

Четыре категории контекста охватывают все типы контекстной информации, которые могут использоваться для любого приложения IPTV для улучшения его услуг. Для каждого типа контекста источники контекста и функции получения контекста используются для сбора информации, которая необходима для формирования службы с учетом контекста. Контекстная



информация может быть объединена для получения контекстной информации более высокого уровня, которая очень полезна с точки зрения приложения. Эта комбинация может быть сделана с использованием различных механизмов рассуждения или различных видов контекстной информации.

Контекстная информация о пользователе. Информация о контексте пользователя включает в себя информацию о пользователе, которая может быть статической информацией, динамической информацией и предполагаемой информацией:

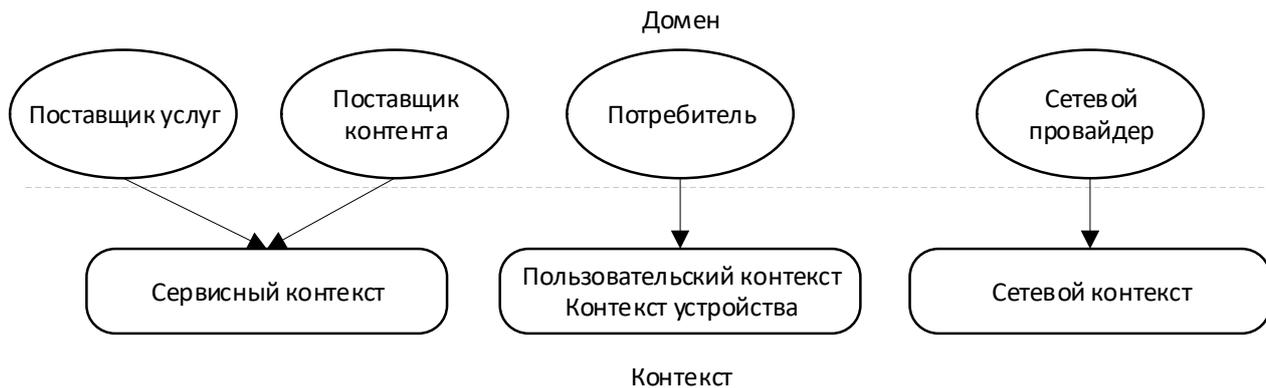


Рис. 1. домены обслуживания и типы контекста для IPTV

Статическая информация – описывает личную информацию пользователя, которая не изменяется в течение длительного времени и хранится в базе данных, включая профиль пользователя (идентификатор, имя, возраст и пол), статические предпочтения пользователя (предпочтительный язык аудио / субтитров, жанры избранного контента, избранные актеры, любимый режиссер). Эта информация явно указывается пользователем во время подписки на услугу. Большинство служб рекомендаций использует статическую информацию пользователя для выбора наиболее подходящего содержимого для пользователя [1].

Динамическая информация – представляет контекстную информацию, которая часто меняется, включая местоположение пользователя, повестку дня и эмоции пользователя. Динамическая информация позволяет услуге IPTV адаптироваться к ситуации пользователя в данный момент и достичь лучшего качества обслуживания. Например, решения о рекомендациях по содержанию также могут быть приняты путем просмотра информации календаря пользователя. Не обязательно давать рекомендации по просмотру фильма продолжительностью три часа, когда пользователь должен выйти из дома через один час.

Телевизионный опыт можно улучшить, персонализовав его в особых случаях, таких как дни рождения и государственные праздники. От определения местоположения пользователя в комнате, система IPTV может переключать контент на терминал, который находится рядом с пользователем. Динамическая информация захватывается датчиками или другими службами.



Эмоции можно легко определить, если к IPTV подключена камера с помощью распознавания лиц. Кроме того, голосовые датчики могут помочь определить эмоции. Существует множество технологий, которые можно использовать для определения местоположения пользователя, в том числе в помещении и на улице. Для определения местоположения в помещении у нас есть локализация на основе технологии радиосигнала (сигнал WI-FI, Bluetooth), локализация на основе видения в помещении (с использованием камеры) и т.д. Для определения местоположения на улице используется GPS, поскольку в настоящее время все смартфоны способны принимать сигнал GPS и предоставлять информацию о координатах.

Предполагаемая информация – это информация высокого уровня, которую трудно получить непосредственно от датчиков, однако ее можно получить путем анализа или комбинирования другой контекстной информации. Действия пользователя – это информация высокого уровня. Благодаря обнаружению действий пользователя система IPTV может осуществлять автоматическое управление. Например, когда пользователь входит в комнату, IPTV может автоматически включаться. И если пользователь идет на кухню и готовит обед, можно выбрать рекламу продуктов питания и показать ее на экране телевизора на кухне. Другой важной выводимой информацией являются привычки пользователя, которые указывают на повторяющиеся действия пользователя, такие как просмотр новостей каждый вечер и просмотр фильма в спальне. Наблюдение за привычками пользователя выводится из истории потребления и используется для повышения точности обслуживания рекомендаций.

Контекстная информация об устройстве. Пользователь может получить доступ к мультимедийному контенту через различные устройства, которые могут иметь различный размер экранов устройства, емкость (аппаратное обеспечение, поддерживаемый формат контента), возможность подключения (которая определяет сетевое подключение, такое как GPRS, 3G, Wi-Fi), а также состояние устройств (включить или выключить, громкость). Система IPTV может извлечь выгоду из контекстной информации устройства для выбора контента и адаптации формата контента к устройству. Например, если устройство имеет небольшой экран и поддерживает только формат стандартной четкости (SD), система IPTV может отфильтровывать содержимое, которое не соответствует условиям. Кроме того, зная местоположение устройства система IPTV может предоставлять рекомендации на основе определения местоположения. Другая полезная информация о мобильности устройства, такого как мобильный телефон и планшет. Если пользователь начинает использовать телевизор во время просмотра IPTV и, если он покидает комнату со смартфоном, он может продолжить просмотр контента на смартфоне или планшете.

Другие устройства, такие как ноутбуки, музыкальная станция, также могут быть подключены к телевизору и отображать контент на соседнем экране. Можно использовать такие протоколы, как LLTD, LLDP, UPnP и



DLNA. Полезный пример: фотографии, которые хранятся на ноутбуке, могут отображаться на телевизоре [2-4].

Сетевая контекстная информация. Информация о сетевом контексте представляет собой характеристики линии доступа, используемой для доступа к телевизионному контенту. Транспортные сети и их состояние напрямую влияют на средства доступа к контенту, представления контента (особенно качества), а также на взаимодействие с пользователем, например, для интерактивного контента, где важной чертой является низкая задержка передачи данных.

Условия сети являются переменными и должны учитываться службой адаптации контента. Сетевая контекстная информация включает в себя:

- Тип сети доступа: информация о доступных сетях доступа позволяет выбрать наиболее подходящую сеть.
- Доступная пропускная способность канала: эта информация используется системой IPTV для выбора подходящего формата контента, например SD или HD.
- Информация о QoS: эта информация используется для мониторинга состояния сети. Эта информация может быть получена во время доставки контента из отчета RTCP (протокола управления в реальном времени), например, информация о задержке и потере пакета [5].

Таблица 1 – Рекомендуемые минимальные параметры транспортного уровня для удовлетворительного QoE

Кодек	Разрешение	Битрейт транспортного потока, Mbit/s	Средняя скорость потери IP-пакетов видеопотока
MPEG2	SD	3.0	$\leq 5.85e-06$
MPEG4	SD	1.75	$\leq 6.68e-06$
AVC	SD	2.0	$\leq 7.31e-06$
AVS	SD	2.5	$\leq 5.85e-06$
MPEG2	HD	15	$\leq 1.17e-06$
MPEG4	HD	8	$\leq 1.28e-06$
AVC	HD	10	$\leq 1.24e-06$
AVS	HD	12	$\leq 1.22e-06$

Сервисная контекстная информация. Контекст службы представляет информацию об услуге и включает в себя описание контента и требования к емкости:

- Описание контента используется для предоставления общей информации о медиаконтенте, такой как заголовок, ключевое слово, режиссер, актер, жанр, описание, длительность контента и язык.



Система IPTV использует эту информацию для соответствия предпочтениям пользователя, чтобы выбрать контент, который может заинтересовать пользователя.

- Требования к емкости описывают сам носитель, включая формат кодека (например, MPEG2, MPEG4, AVC или AVS), разрешение (высокое разрешение или стандартное разрешение), требование минимальной скорости передачи данных и требуемую задержку. Такая информация позволяет выбрать наиболее подходящее устройство и сеть доступа. Например, в таблице ниже представлены рекомендуемые минимальные параметры транспортного уровня для удовлетворительного QoE для другого формата и разрешения кодека, определенных в МСЭ.

### Литература

1. Chen, Y., Huang, H., Min, Y. Community-based Program Recommendation for the Next Generation Electronic Program Guide, IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol.55, No.2, pp.707-712.

2. Link Layer Topology Discovery protocol(LLTD) [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.microsoft.com/en-us/previous-versions/windows/desktop/qos/link-layer-topology-discovery-protocol> (дата обращения 21.03.2020)

3. OCF - UPnP Standards & Architecture [Электронный ресурс]. URL: <https://openconnectivity.org/developer/specifications/upnp-resources/upnp/> (дата обращения 21.03.2020)

4. DLNA Guidelines &mdash; SpireSpark International [Электронный ресурс]. URL: <https://spirespark.com/dlna/guidelines> (дата обращения 21.03.2020)

5. RFC 3550 - RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications [Электронный ресурс]. URL: <https://tools.ietf.org/html/rfc3550> (дата обращения 21.03.2020)

И.Ю. Выгодчикова, А.И. Павлова, Е.Ю. Пекарева

## ИЕРАРХИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ФОНДА ОПЛАТЫ ТРУДА НА ОСНОВЕ МИНИМАКСНОГО КРИТЕРИЯ И РЕЙТИНГОВЫХ ОЦЕНОК

(Саратовский национальный исследовательский государственный университет  
имени Н.Г. Чернышевского)

Принятие решений в сфере материального стимулирования работников требует учёта и сопоставления квалификационных, дисциплинарных и коммуникационных достижений работников. В связи с развитием информационно-коммуникационных технологий работники получают множество возможностей для индивидуального роста, поэтому анализ



индивидуальных достижений работников целесообразно проводить с использованием рейтинговых показателей, математических моделей и многоуровневых систем принятия решений. В работе построена иерархическая система принятия решений, позволяющая оценить доленую структуру фонда оплаты труда с использованием минимаксного критерия и корректирующих коэффициентов. Составлен алгоритм программной реализации.

*Целью* работы является создание и компьютерная реализация иерархической системы принятия решений о распределении фонда оплаты труда на основе рейтинговых оценок и минимаксного критерия оптимальности.

**Параметры модели.** В данном исследовании выполнено построение модели распределения фонда оплаты труда, включающего фиксированную часть и дополнительное (рейтинговое) вознаграждение. Период исследования – месяц (квартал, год), предшествующий периоду обновления данных для системы принятия решений. Обозначения:  $\Phi$  – базовый фонд заработной платы (делится поровну между  $n$  работниками),  $P$  – премиальный фонд (делится между  $n$  работниками в зависимости от их премиальных коэффициентов, – долей  $\theta_1, \dots, \theta_n$ ),  $S = \Phi + P$  – общий фонд заработной платы,  $S_1, \dots, S_n$  – исходная заработная плата работников (до коррекции по уровню квалификации),  $Z_1, \dots, Z_n$  – итоговая заработная плата работников (после коррекции). Показатель  $V$  используется на первом этапе иерархического анализа и указывает на риск (вычисляется как среднее арифметическое из количества вынужденных замен работника по причине его отсутствия, количества жалоб со стороны клиентов, фактов дисциплинарных нарушений, факты несвоевременного предоставления отчётов руководству, отсутствия обратной связи на запросы и письма, отправленные через e-mail и проч.). Показатель  $q$  используется на втором этапе иерархического анализа и указывает на уровень квалификации работника. Анализ выполняется по методике «от 1 до 5», если работник не удовлетворяет высшей (первой категории), он анализируется по требованиям ко второй (если не удовлетворяет, то «опускается на третью»), последняя (низшая) – пятая категория. Принцип присвоения работникам квалификационных баллов состоит в следующем:

1 – высшая квалификация (высшее профильное образование, награды за индивидуальные достижения по профилю, публикационная активность (статьи, конференции, тренинги, он-лайн ресурсы по профилю), опыт работы от пяти лет (по профилю)),

2 – надёжная квалификация (высшее профильное образование, опыт работы от пяти лет (по профилю), публикационная активность и/или награды за индивидуальные достижения по профилю),

3 – средняя квалификация (высшее профильное образование или опыт работы от пяти лет (по профилю), публикационная активность и/или награды за индивидуальные достижения по профилю),

4 – удовлетворительная квалификация (хотя бы одно из требований: высшее профильное образование, опыт работы от пяти лет (по профилю),



публикационная активность, награды за индивидуальные достижения по профилю),

5 – низкая квалификация (отсутствие всех достижений).

**Критерий оптимальности (минимакс).** Коэффициенты премирования работников  $\theta_1 \dots \theta_n$  вычисляются в результате решения следующей минимаксной задачи [1]:

$$\max_{i=1, n} (V_i \theta_i) \rightarrow \min_{\theta \in D}, \text{ где } D = \{\theta = (\theta_1, \dots, \theta_n) \in R^n : \sum_{i=1}^n \theta_i = 1\}. \quad (1)$$

В отличие от классической модели Г.М Марковица [2] (применение которой ввиду отсутствия необходимых показателей, не представляется возможным), модель (1) позволяет использовать полученные параметры риска.

Ввиду [1, 3], решение задачи (1) определяется по формулам:

$$\theta_i = \frac{1}{V_i \sum_{k=1}^n V_k^{-1}}, \quad i = \overline{1, n}. \quad (2)$$

Общая заработная плата  $i$ -го работника (до коррекции):

$$S_i = \Phi / n + \theta_i P, \quad i = \overline{1, n}. \quad (3)$$

Обозначим  $w_i = 1 / (q_i * (1/q_1 + \dots + 1/q_n))$ ,  $\lambda_i = S_i w_i / (S_1 w_1 + \dots + S_n w_n)$ ,  $i = \overline{1, n}$ . Общая заработная плата  $i$ -го работника (после коррекции):

$$Z_i = \lambda_i S, \quad i = \overline{1, n}. \quad (4)$$

**Алгоритм программной реализации метода.** Схематическая последовательность вычислительного процесса приведена на рис. 1.

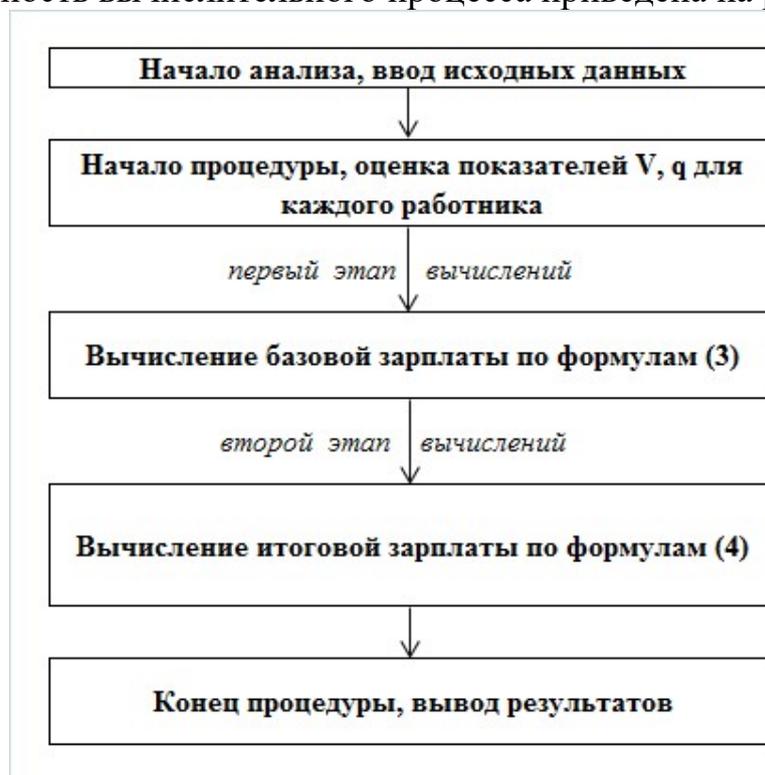


Рис. 1. Схема вычислительного процесса



**Вычислительный эксперимент.** Исходные данные:  $n=12$ ,  $\Phi=300000$  руб.,  $P=250000$  руб. (таблица 1). Результаты вычислений согласно процедуре (рис. 1), представлены на рис. 2.

Следует отметить, что заработная плата наиболее квалифицированных работников (второго и одиннадцатого) после выполнения коррекции существенно возросла, в то же время работников с низким баллом квалификации существенно сократилась. Работники, имеющие средний балл квалификации, существенных изменений в заработной плате (после коррекции) не ощутили. Такая система позволяет стимулировать работников с низкой квалификацией повышать свой профессиональный статус, и, в то же время позволит сохранять здоровую конкуренцию среди квалифицированного персонала.

Таблица 1. Данные для анализа

Номер работника	V	q
1	5,33	3
2	4,33	1
3	4	2
4	3,33	3
5	6	4
6	7,33	4
7	4	5
8	2,33	2
9	5,33	3
10	4,33	4
11	4	1
12	3,33	2

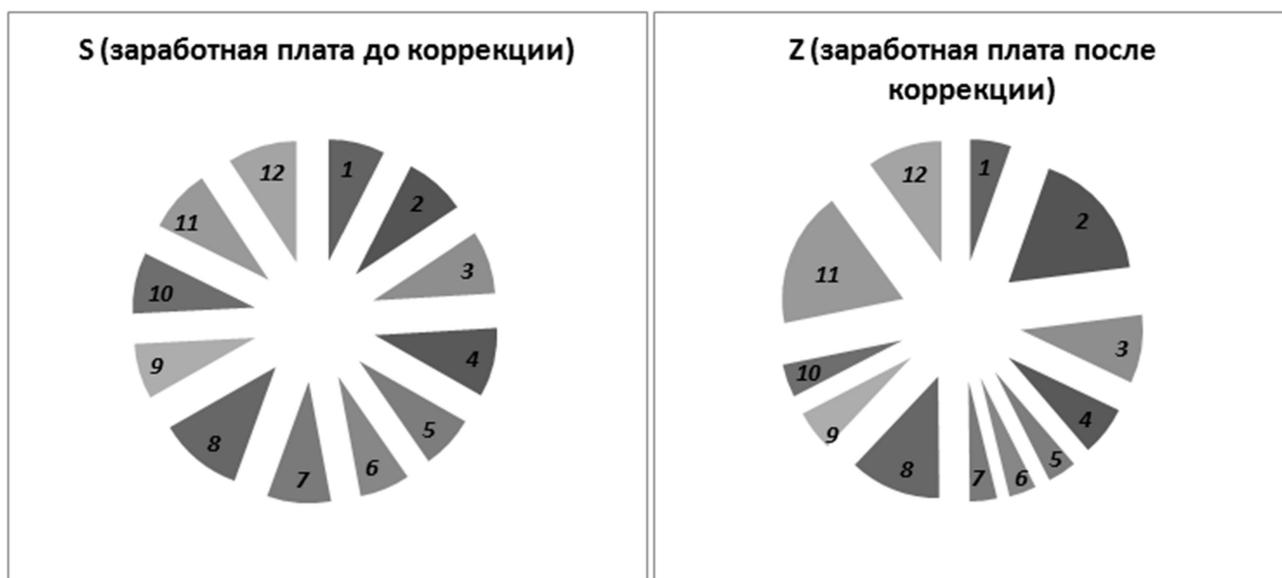


Рис. 2. Результаты вычислительного эксперимента



**Заключение.** Разработана система принятия решений о структуре фонда оплаты труда работникам. Составлен алгоритм на основе иерархического анализа данных и минимаксного критерия оптимальности.

### Литература

1. Выгодчикова И.Ю. Модель долевого распределения премиального фонда оплаты труда в сфере спортивных услуг на основе минимаксного критерия // Менеджмент качества. 2019. № 1. С. 56–63.
2. Markovitz H.M. Portfolio selection // J. of Finances. 1952. Vol. 7, №1.
3. Vygodchikova I. Y. [et al.]. Estimation of Bond Risks using Minimax // Journal of Advanced Research in Law and Economics. 2016. Vol. 7, №. 7. P. 1899–1907.

И.Ю. Выгодчикова, Ю.И. Кротова

## МОДЕЛЬ ЗОНИРОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА WEB-СТРАНИЦЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИНИМАКСНОГО КРИТЕРИЯ ОПТИМАЛЬНОСТИ

(Саратовский национальный исследовательский государственный университет  
имени Н.Г. Чернышевского)

Разработан инструментарий оптимального зонирования изображений на web-странице сайта крупного сетевого магазина цифровой техники с использованием критерия минимакса. В технологии предусмотрена процедура создания комфортного режима восприятия товаров и оптимизации скорости принятия решений на основании высокотехнологичной мерчандайзинговой визуализации, зонирования экранной области и математического подхода, позволяющего выработать алгоритм вычислений для оптимальной визуализации изображений на web-странице. В результате получено оптимальное зонирование экранной области для наполнения товарами наиболее востребованных категорий.

**Введение.** Споры в научной сфере оптимальных технологий мерчандайзинга ведут к простому решению – убрать лишние изображения с сайта и позволить пользователю любого уровня квалификации и возрастной категории принять правильное решение и сократить время на поиск категории товара в строке меню. При усовершенствовании информационных технологий высокопроизводительных вычислений в сфере электронного мерчандайзинга необходимо адаптировать графические изображения на web-странице официального сайта предприятия-товаропроизводителя к лавинообразному росту потока информации о товарах, ценах, услугах, номенклатуре изделий и поисковой среде. Интеллектуальный анализ данных избавит пользователя от необходимости глубокого изучения наименований товаров и сократит время принятия решения по тому товару, который необходим пользователю в данный момент.



Целью работы является создание и тестирование модели зонирования изображений на web-странице с использованием минимаксного критерия оптимальности.

**Математический метод.** Рассмотрим модель минимакса, позволяющую оптимальным образом разместить  $n$  различных товаров на web-странице сайта предприятия-производителя [1, 2]. Показатели риска (положительные количественные показатели, к примеру, рейтинги продажи товаров) обозначим  $V_1, \dots, V_n$ . Пусть для определённости  $V_1 < \dots < V_n$ . Доли площади экрана  $\theta = (\theta_1, \dots, \theta_n)$  вычисляем, используя задачу [1]:

$$\max_{i=1, n} V_i \theta_i \rightarrow \min_{\theta \in D}, \text{ где } D = \{\theta = (\theta_1, \dots, \theta_n) \in R^n : \sum_{i=1}^n \theta_i = 1\}. \quad (1)$$

В задаче (1) требуется отыскать доли пространства товаров на web-странице сайта предприятия-производителя, выделенные для размещения иллюстраций, с целью минимизации риска потерь производителя. Решение задачи (1) определяется по формулам:

$$\theta_i = 1 / \left( V_i \sum_{k=1}^n V_k^{-1} \right), \quad i = \overline{1, n}. \quad (2)$$

**Вычислительный эксперимент.** В исследовании рассмотрено  $n=4$  товара из следующих функциональных групп: «Смартфоны и коммуникаторы», «Компьютеры и ноутбуки», «Принтеры и сканеры», «Фототехника»<sup>1</sup>. Показатели риска, связанные с количеством нераспроданных товаров каждой группы – ранги, от лучшего «1» до наиболее рискованного «4», поэтому  $V_1=1, \dots, V_4=4$ . Вычисление параметров зонирования выполнено по формулам (2).

Таблица 1. Данные для анализа.

Ранжирование товаров по рейтингу продаж, $V$	1	2	3	4
Доли размещения по площади	48%	24%	16%	12%

Таблица 2. Зонирование экрана.

Пропорция	Формула	Значение
a:b	$\theta_1:(\theta_1+\theta_3)$	72:28
p:q	$\theta_1:(\theta_1+\theta_4)$	80:20
s:w	$\theta_3:(\theta_2+\theta_3)$	40:60

Схема зонирования экрана на основании данных из таблицы 1 представлена на рис.1.

<sup>1</sup> Каталог товаров DNS [Электронный ресурс]. URL: <https://www.dns-shop.ru/product/> (дата обращения: 02.03.2020).

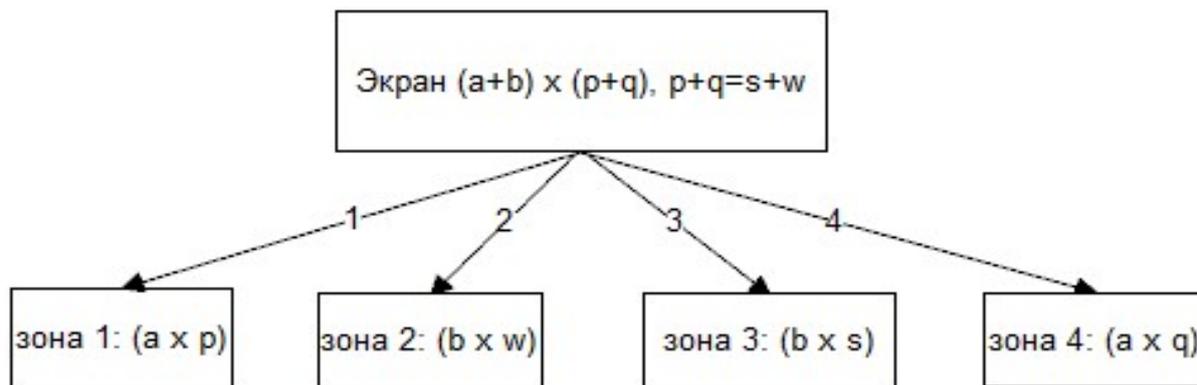


Рис. 1. Схема зонирования

Макет зонирования экрана на основании данных из таблиц 1,2 представлен на рис. 2.

1 - "Смартфоны и коммуникаторы"						3 - "Принтеры и сканеры"					
	a	a	a	a	a	a	b	b	b	b	
p	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	s
p	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	s
p	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	s
p	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	s
p	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	w
p	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	w
p	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	w
p	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	w
q	3	4	4	4	4	4	2	2	2	2	w
q	3	4	4	4	4	4	2	2	2	2	w
4 - Фототехника						2 - "Компьютеры и ноутбуки"					

Рис. 2. Макет зонирования экрана для изображений 1,2,3,4 (по убыванию ранга)



Результаты нанесения на макет изображений представлены на рис. 3.

**Заключение.** Разработана и протестирована модели зонирования изображений на web-странице с использованием минимаксного критерия оптимальности. Модель целесообразно использовать на практике для улучшения визуального представления товара на страницах сайта крупных сетевых магазинов цифровой техники.

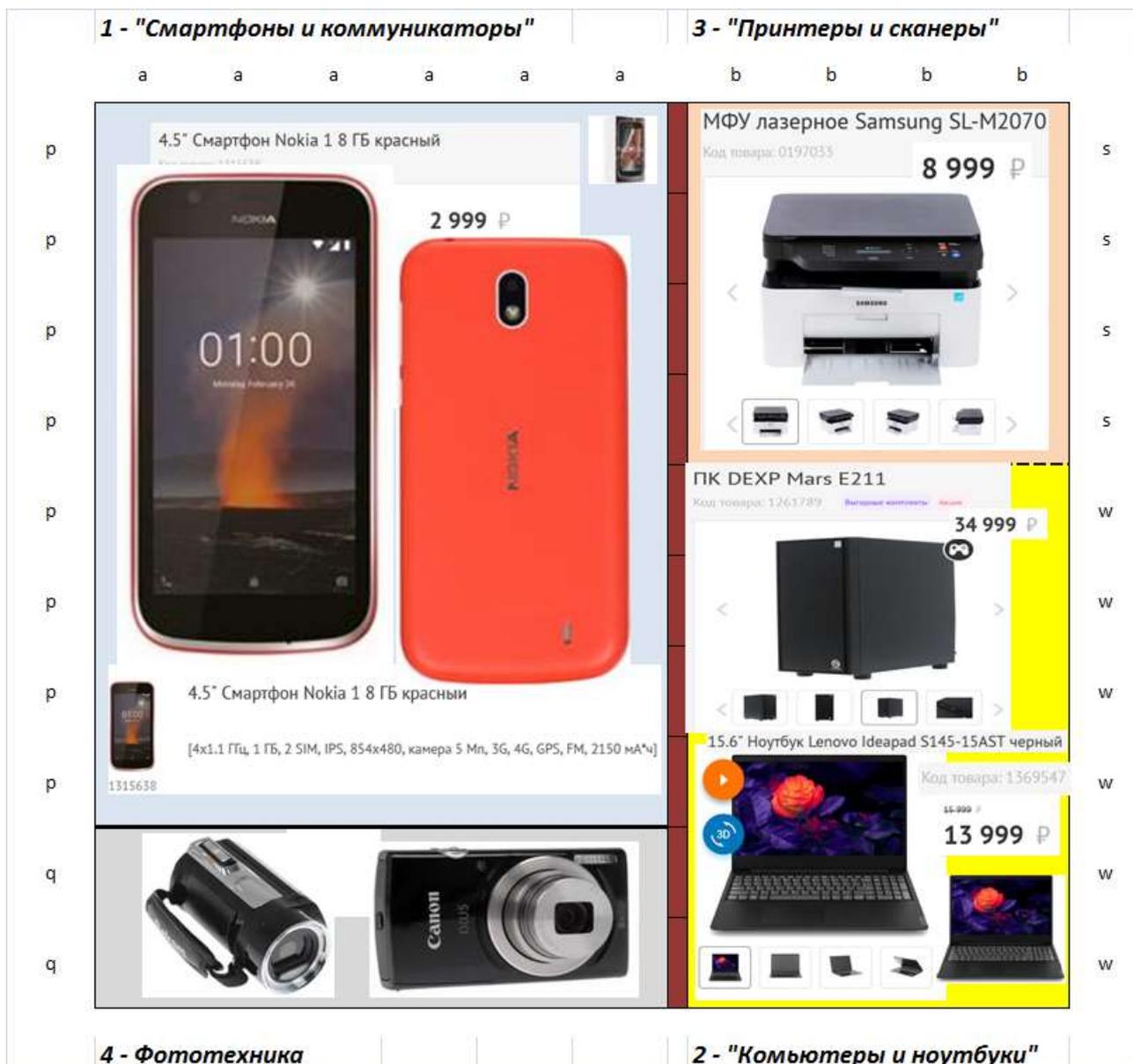


Рис. 3. Результаты нанесения изображений

### Литература

1. Выгодчикова И.Ю. Инструментарий принятия решений об инвестировании крупных российских компаний с использованием иерархической процедуры ранжирования и минимаксного подхода // Прикладная информатика. 2019. Том 14. № 6 (84). С. 123-137.
2. Выгодчикова И.Ю., Кротова Ю.И., Тараканов И.Ю. Инструментарий мерчандайзингового решения для интернет-витрины молочной продукции на



основе минимаксного критерия //«Математическое и компьютерное моделирование в экономике, страховании и управлении рисками»: сборник материалов VIII Междунар. молодежной науч.-практ. конф. Саратов: ООО Изд-во «Научная книга», 2019. С. 27-31.

И.Ю. Выгодчикова

## ТЕХНОЛОГИЯ ПОРТФЕЛЬНОГО ИНВЕСТИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ МИНИМАКСНОГО КРИТЕРИЯ

(Саратовский национальный исследовательский государственный университет  
имени Н.Г. Чернышевского)

Разработана технология распределения капитала между инвестиционными проектами на основе минимаксного критерия оптимальности. Построена иерархическая система анализа данных, основанная на применении двухэтапного перераспределения долей инвестирования с учётом адаптации к требованиям доходности портфеля. Составлен алгоритм программной реализации модели. Предложенный подход целесообразно применять при осуществлении инвестиционного кредитования или целевого финансирования коммерческих предприятий, занимающихся внедрением высокотехнологичных проектов.

**Введение.** Развитие высоких технологий требует принятия быстрых и качественных решений о долевой структуре инвестиционного капитала, направляемого для поддержки наукоёмких проектов [1]. Параметры модели должны чётко характеризовать структуру финансовых ресурсов на предприятии и позволять инвестору иметь веские основания полагать, что вложенные средства будут грамотно освоены и приведут к росту прибыли [2, 3]. Ряд сложностей возникает с применением традиционных моделей портфельного инвестирования. Так, для применения классической задачи Г.М. Марковица [4] необходимо определить ковариационную матрицу доходности активов, что не представляется возможным при осуществлении инвестирования с использованием инвестиционного кредитования или целевого финансирования наукоёмких проектов. Получение приближённых данных на основании анализа рядов динамики финансовых показателей за несколько лет существенно замедляет процесс принятия решений и, кроме того, приводит к искажению результата оптимизации. Поэтому актуальным направлением исследования является усовершенствование технологии портфельного инвестирования.

*Целью* исследования является разработка технологии портфельного инвестирования на основе оптимизационной модели минимакса и иерархического анализа данных.

**Входные данные.** Обозначим через  $\theta_i$  долю инвестирования  $i$ -го предприятия, которые и требуется определить. Пусть  $V_i > 0$ ,  $i = \overline{1, n}$  – оценки



рисков потери капитала. В данном исследовании в качестве показателя риска рассматривается отношение заёмного и собственного капитала компании (коэффициент финансового левереджа) [2]. Показатель доходности характеризует рентабельность собственного капитала. Считается, что по результатам деятельности предприятия получают прибыль, поэтому  $\eta_1 > 0, \dots, \eta_n > 0$ . Пусть минимально приемлемая для инвестора доходность

$$\text{портфеля } \eta_p = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \eta_i.$$

**Критерий аппроксимации с ограничивающим условием.** Не ограничивая общности в рассуждениях, будем считать, что  $V_1 > \dots > V_n$ . Если при этом  $\eta_1 > \dots > \eta_n$ , рассматривается задача:

$$\Psi(\theta) = \max_{i=1, n} V_i \theta_i \rightarrow \min_{\theta \in D}, \quad (1)$$

$$D = \{ \theta = (\theta_1, \dots, \theta_n) \in R^n : \sum_{k=1}^n \theta_k = 1, \sum_{k=1}^n \eta_k \theta_k = \eta_p \}. \quad (2)$$

Для решения задачи (1) – (3) вычисляются следующие величины  $\gamma = \sum_{k=1}^n \eta_k V_k^{-1}$ ,  $\eta_p^* = \gamma / \nu$ . Решение этой задачи находится в результате

вычисления следующих математических выражений [1]: 1) при  $\eta_p = \eta_p^*$ ,

$$\theta_i = 1 / (\nu V_i), \quad i = \overline{1, n}; \quad 2) \text{ при } \eta_1 > \eta_p > \eta_p^*, \quad \theta_i = \frac{\eta_p - \eta_n}{V_i(\gamma - \eta_n \nu)}, \quad i = \overline{1, n-1},$$

$$\theta_n = ((\eta_1 - \eta_p) / V_1 + \dots + (\eta_{n-1} - \eta_p) / V_{n-1}) / (\gamma - \eta_n \nu); \quad 3) \text{ при } \eta_n < \eta_p < \eta_p^*,$$

$$\theta_i = \frac{\eta_p - \eta_1}{V_i(\gamma - \eta_1 \nu)}, \quad i = \overline{2, n}, \quad \theta_1 = ((\eta_2 - \eta_p) / V_2 + \dots + (\eta_n - \eta_p) / V_n) / (\gamma - \eta_1 \nu).$$

Если добиться требований одновременного выполнения условий  $V_1 > \dots > V_n$  и  $\eta_1 > \dots > \eta_n$  не удаётся, применяется следующая модель.

**Иерархическая система анализа данных с учётом коррекции на доходность.** Рассматривается задача (1) с ограничением следующего вида:

$$D = \{ \theta = (\theta_1, \dots, \theta_n) \in R^n : \sum_{k=1}^n \theta_k = 1 \}. \quad (3)$$

Шаг 1. Решением задачи (1)-(3) является:

$$\theta_i = 1 / \left( V_i \sum_{k=1}^n V_k^{-1} \right), \quad i = \overline{1, n}. \quad (4)$$

Шаг 2. Выполняется коррекция решения:

$$\theta_i^* = \eta_i \theta_i / \left( \sum_{k=1}^n \eta_k \theta_k \right), \quad i = \overline{1, n}. \quad (3)$$



Если  $\sum_{k=1}^n \eta_k \theta_k^* \geq \eta_p = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \eta_i$ , то (5) – искомое решение. Если нет, из

портфеля исключается актив с минимальной доходностью, и задача (1)-(3) решается заново. Алгоритм конечен, крайняя ситуация – наличие в портфеле единственного актива, доходность которого максимальна.

**Вычислительный эксперимент.** Вычисления выполнены на основе данных отчётности инновационных предприятий, «Ламинированное стекло», «Нита-Фарм», «Биоамид»<sup>2</sup>. В 2015 г. соблюдены требования для применения модели (1)-(2) (таблица 1). В 2016 году применена модель (1)-(3), доходность портфеля оказалась ниже средней, поэтому инвестиции для предприятия Нита-Фарм, имеющего существенное падение рентабельности собственного капитала относительно прежнего года, рекомендуется притормозить (таблица 2). Однако уже в 2017 году инвестиции этому предприятию рекомендуется возобновить, снова использована модель (1)-(3), доходность превысила требуемый инвестором уровень (таблица 3).

Таблица 1. Структура инвестирования 2015 г.

2015	Ламинированное стекло	Нита-Фарм	БИОАМИД
Собственный капитал, тыс. руб.	10 381	512 111	100 279
Заёмный капитал, тыс. руб.	8 324	133 397	25 561
Доходность (рентабельность собственного капитала)	61%	28%	19%
Риск (отношение заёмного капитала к собственному)	80%	26%	25%
Доля до коррекции	24,4%	75,2%	0,4%
Доходность учтена, коррекции не требуется. Доля после коррекции (по доходности)	24,4%	75,2%	0,4%

Таблица 2. Структура инвестирования 2016 г.

2016	Ламинированное стекло	Нита-Фарм	БИОАМИД
Собственный капитал, тыс. руб.	11 681	711 625	125 330
Заёмный капитал, тыс. руб.	5 920	151 464	26 454
Доходность (рентабельность собственного капитала)	39%	28%	33%
Риск (отношение заёмного капитала к собственному)	51%	21%	21%
Доля до коррекции	17,3%	41,2%	41,5%
Доля после коррекции (по доходности)	21,1%	35,9%	43,0%
Доля после исключения Нита-Фарм	29,4%	0,0%	70,6%
Доля после коррекции (по доходности)	32,9%	0,0%	67,1%

<sup>2</sup> Бухгалтерская отчетность предприятий. [Электронный ресурс]. URL: <https://e-ecolog.ru/buh> (дата обращения: 02.03.2020).



Результаты анализа динамики долевого распределения капитала представлены на рис. 1. Следует отметить стабильность рекомендуемых долей инвестирования для предприятия «Ламинированное стекло», несмотря на то, что оно имеет гораздо меньше активов, как заёмных, так и собственных, чем «Нита-Фарм» и «Биоамид».

Таблица 3. Структура инвестирования 2017 г.

2017	Ламинированное стекло	Нита-Фарм	БИОАМИД
Собственный капитал, тыс. руб.	10 833	973 705	269 581
Заёмный капитал, тыс. руб.	5 036	303 924	58 005
Доходность (рентабельность собственного капитала)	63%	27%	61%
Риск (отношение заёмного капитала к собственному)	46%	31%	22%
Доля до коррекции	21,5%	32,0%	46,5%
Доля после коррекции (по доходности)	26,8%	17,0%	56,1%

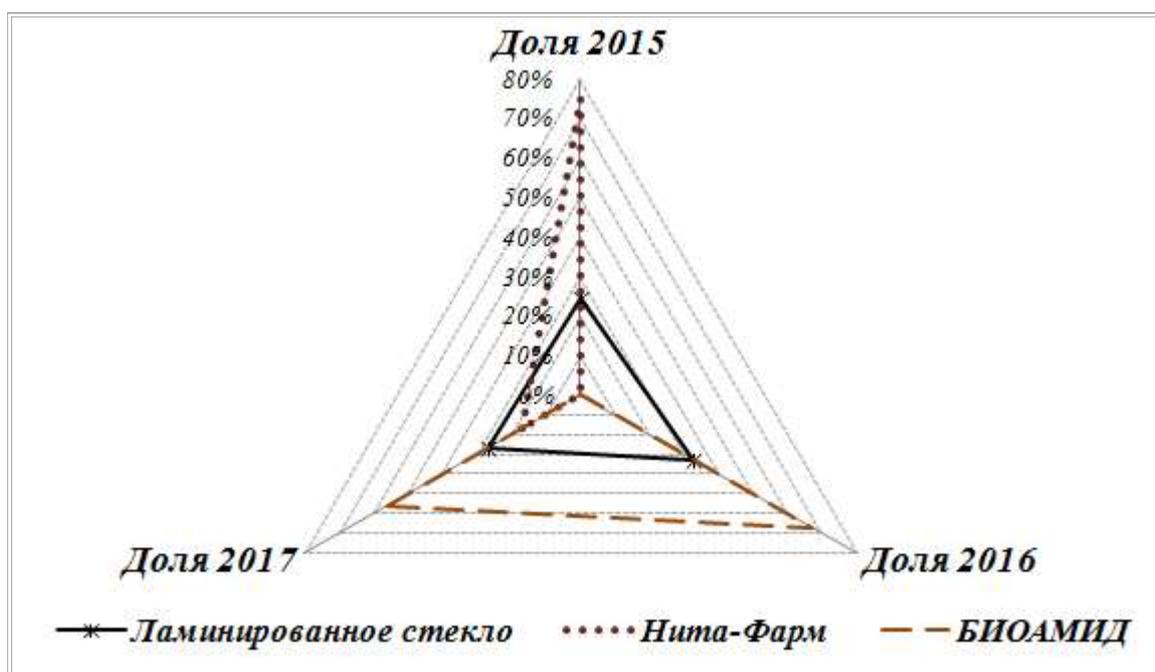


Рис.1. Долевое распределение финансирования

**Заключение.** Автором статьи разработана технология инвестирования для целей инвестиционного кредитования или целевого финансирования наукоёмких проектов. Вычислительные эксперименты проведены на основе данных финансовой отчётности инновационных предприятий Саратовской области.

### Литература

1. Выгодчикова И.Ю. Модель равномерного распределения риска финансирования бизнеса с дополнительными ограничениями // Перспективные



информационные технологии (ПИТ 2019): труды Международной научно-технической конференции. 2019. С. 28-31.

2. Выгодчикова И.Ю., Гусятников В.Н., Акимова С.А. Модель формирования инвестиционного портфеля с использованием минимаксного критерия // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. 2018. № 3 (72). С. 170-174.

3. Выгодчикова И.Ю., Селиванова А.А. Оценивание риска портфельного инвестирования на базе иерархической модели // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Экономика. Управление. Право. 2016. Т.16. Выпуск 1. С. 80-85.

4. Markovitz H.M. Portfolio selection // J. of Finances. 1952. Vol. 7, №1.

Д.Л. Головашкин<sup>1</sup>, Л.В. Яблокова<sup>2</sup>

## БЛОЧНЫЙ АЛГОРИТМ МЕТОДА ЯКОБИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ НЕЯВНЫХ СЕТОЧНЫХ УРАВНЕНИЙ. ОДНОМЕРНЫЙ СЛУЧАЙ

(<sup>1</sup> Институт систем обработки изображений РАН – филиал ФНИЦ  
«Кристаллография и фотоника» РАН, <sup>2</sup> Самарский университет)

### Введение

Метод Якоби несмотря на простоту, а возможно именно благодаря ей, издавна привлекал пристальное внимание разработчиков эффективных алгоритмов решения различных сеточных уравнений. Так, еще тридцать лет назад на его примере Джеймс Ортега [1] иллюстрировал приемы синтеза векторных и параллельных алгоритмов. Не забывали про метод Якоби и далее; в объемном и тщательно проработанном исследовании [2] демонстрируются преимущества и недостатки различных подходов к построению блочных вычислительных процедур, их практическая реализация на многопроцессорных ЭВМ и графических ускорителях именно для обсуждаемого численного метода.

В работе [3] метод Якоби реализуется на конвейерных ускорителях вычислений, а в [4] предлагается обобщенный подход для произвольных параллельных архитектур. При этом без рассмотрения остался важный случай производства расчетов в рамках одного вычислительного потока с хранением в памяти только двух итерационных приближений, имеющий как практическую (не у всех пользователей в распоряжении имеются суперкомпьютеры с большим объемом памяти и множеством потоков), так и методическую ценность (по коду параллельного алгоритма зачастую значительно сложнее разобраться в тонкостях организации блочных вычислений). Устранению данного недостатка и посвящена предлагаемая работа.

### 1. Векторные алгоритмы метода Якоби

Для простоты рассмотрим одномерное уравнение Лапласа  $d^2U/dx^2=0$ , где функция  $U$  определена на отрезке  $0 \leq x \leq 1$ , с краевыми условиями  $U(0)=0$ ,  $U(1)=1$ .



Очевидная замена производной конечной разностью приводит к системе сеточных уравнений  $U_{i-1}-2U_i+U_{i+1}=0$  при  $2 \leq i \leq N-1$ , где  $N$  – количество узлов сеточной области. Дискретизация краевых условий примет вид:  $U_1=1$  и  $U_N=0$ .

Классический векторный алгоритм метода Якоби для решения этой системы, записанный на языке фортран (стандарт fortran 90 допускает векторную нотацию), выглядит следующим образом:

```
do t=1,Q ! цикл по итерациям
  U(2:N-1)=(U(1:N-2)+U(3:N))/2.0 ! в силу трехдиагональности системы
end do
```

где  $Q$  – наперед заданное количество итераций. Особенностью алгоритма, кроме векторизации вычислений, является явное использование всего одного одномерного массива для хранения данных.

В ходе практической реализации алгоритма на процессоре Intel Core i5-9400 2,9 Gh, операционной системе Ubuntu 18.04.1, с использованием компилятора gfortran 7.4 получены результаты, представленные во втором столбце Таблицы 1. При этом дискретизация сеточной области принималась  $N=4e8$ , а число итераций  $Q=20$ .

Таблица 1. Сравнение различных алгоритмов метода Якоби

алгоритм	однослойный векторный	однослойный скалярный	двухслойный векторный
длительность расчетов (сек.)	11,10	5,23	3,91
занимаемая память (Гб.)	варьируется от 1,5 до 3,0	1,5	3,0
ускорение	1	2,12	2,84

В третий столбец Таблицы 1 помещены результаты эксперимента со следующим скалярным алгоритмом, в котором не допускается производство векторных операций.

```
do t=1,Q ! цикл по итерациям
  met2=U(1) ! сохранение значения “слева”
  do k=2,N-1
    met1=U(k) ! сохранения текущего значения
    U(k)=(met2+U(k+1))/2.0 ! вычисления по основной формуле метода
    met2=met1 ! перезапись сохраненных значений
  end do
end do
```

Для авторов настоящей работы явилось некоторой неожиданностью (ведь векторизация должна ускорять вычисления!) увеличение, как длительности вычислений, так и объема занимаемой памяти при переходе от скалярного алгоритма к векторному. Причиной тому является автоматическая организация работы с памятью в однослойном векторном алгоритме, направленная на предотвращение преждевременного затирания данных, вследствие чего ее



объем постоянно варьируется в ходе вычислений, достигая двукратного увеличения от ожидаемого. Такая же организация в скалярном алгоритме, проведенная вручную, позволила ограничиться расчетным объемом и, как следствие, уменьшением коммуникационных издержек между различными иерархическими уровнями памяти ЭВМ, по сравнению с векторным алгоритмом. Очевидно, упомянутые издержки являются в рассматриваемом случае фактором, полностью определяющим время расчетов, в силу чего векторизация арифметических операций не привела к сокращению общей длительности вычислений.

Стремясь сохранить векторизацию и упорядочить работу с памятью, авторы смирились с двукратным ростом ее объема, обратившись к ручному регулированию записи одних данных поверх других в следующем двухслойном алгоритме.

*do t=1,Q,2 ! цикл по итерациям через одну*

*U1(2:N-1)=(U2(1:N-2)+U2(3:N))/2.0 ! первое итерационное выражение*

*U2(2:N-1)=(U1(1:N-2)+U1(3:N))/2.0 ! второе итерационное выражение*

*end do*

Таким образом, в массиве U1 хранятся приближенные значения на нечетных итерациях, в U2 – на четных.

Оценивая экспериментальные результаты для нового алгоритма (четвертый столбец Таблицы 1) наблюдаем его превосходство над ранее представленными. По сравнению с однослойным векторным работа с памятью стала предсказуемой, в силу чего длительность вычислений сократилась почти втрое. Выигрыш от векторизации (в одном векторном регистре размещаются 4 числа одинарной точности) перевесил упорядоченные теперь коммуникационные издержки и вычисления по авторскому двухслойному алгоритму производятся в 1,34 раза быстрее, чем по скалярному.

## 2. Блочный алгоритм метода Якоби

Обращаясь к классическому распределению значений приближенных решений в методе Якоби на блоки [3], выберем разбиение пространства итераций (построенного по скалярному алгоритму) в виде параллелограммов (центральные блоки) и трапеций (краевые). Звездочками на следующем рисунке обозначены границы четырех блоков, цифрами – номера массивов в двухслойном векторном алгоритме. В отличие от алгоритма из [3] здесь подлежат хранению лишь два итерационных приближения, что существенно сокращает объем занимаемой памяти, а следовательно и длительность расчетов.

```

2  2 * 2  2  2  2  2 * 2  2  2  2  2 * 2  2  2  2  2
1  1  1 * 1  1  1  1  1 * 1  1  1  1  1 * 1  1  1  1
2  2  2  2 * 2  2  2  2  2 * 2  2  2  2  2 * 2  2  2
1  1  1  1  1 * 1  1  1  1  1 * 1  1  1  1  1 * 1  1

```

Рис. 1. Пример разбиения на блоки четырех итераций при N=17, dh=4 и dl=5



Перепишем двухслойный алгоритм в следующем блочном виде, где  $dh$  – высота блока,  $dl$  - ширина.

```
do t=1,Q,dh      ! переход по блочным слоям
  wl=2; wr=dl+1; ! работа с крайним левым блоком
  do k=2,dh,2    ! вверх по итерациям
    U1(wl:wr)=(U2(wl-1:wr-1)+U2(wl+1:wr+1))/2.0; wr=wr-1; ! нечетная итерация
    U2(wl:wr)=(U1(wl-1:wr-1)+U1(wl+1:wr+1))/2.0; wr=wr-1; ! четная итерация
  end do
do g=2,p-1 ! проход по центральным блокам
  wl=(g-1)*dl+2; wr=g*dl+1; ! определение границ нижней стороны блока
  do k=2,dh,2 ! вверх по итерациям
    U1(wl:wr)=(U2(wl-1:wr-1)+U2(wl+1:wr+1))/2.0; wl=wl-1; wr=wr-1;
    U2(wl:wr)=(U1(wl-1:wr-1)+U1(wl+1:wr+1))/2.0; wl=wl-1; wr=wr-1;
  end do; end do
wl=(p-1)*dl+2; wr=N-1; ! работа с крайним правым блоком
do k=2,dh,2 ! вверх по итерациям
  U1(wl:wr)=(U2(wl-1:wr-1)+U2(wl+1:wr+1))/2.0; wl=wl-1; ! нечетная итерация
  U2(wl:wr)=(U1(wl-1:wr-1)+U1(wl+1:wr+1))/2.0; wl=wl-1; ! четная итерация
end do; end do
```

Результаты его исследования для  $dh=Q$  (один блочный слой) представлены в Таблице 2, где под ускорением понималось отношение длительности работы векторного двухслойного алгоритма к блочному при выбранной ширине блока.

Таблица 2. Исследование эффективности блочного алгоритма

dl	длительность вычислений	объем блока	ускорение
20	3,88 сек.	160 байт	1,01
200	2,09 сек.	1,56 килобайт	1,87
2000	1,94 сек.	15,63 килобайт	2,02
20000	2,08 сек.	156,25 килобайт	1,89
200000	2,33 сек.	1,53 мегабайт	1,69
2000000	3,26 сек.	15,26 мегабайт	1,20
20000000	3,85 сек.	152,59 мегабайт	1,02

Для используемого процессора объем кэш-памяти L1 - 64 килобайт, L2 - 256 килобайт, L3 - 9 мегабайт. В случае небольших значений  $dl$  ( $dl=20$ , когда алгоритм незначительно отличается от неблочного) и крупных  $dl$  ( $dl=20000000$ , когда блок значительно не уместится в кэш-память процессора) ускорения почти нет. Наилучшее ускорение (2,02) зафиксировано для блока еще целиком помещающегося в L1. Далее ускорение только падает: когда блок выходит за L1 (1,89), когда блок выходит за L2 (1,69) и когда блок выходит за L3 (1,20). То есть применение разработанного алгоритма действительно позволяет учесть иерархическую структуру памяти ЭВМ.

### Благодарности

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 19-07-00423 А.



### Заключение

Разработанный блочный алгоритм метода Якоби позволяет многократно (до 6 раз в выбранном примере) ускорить вычисления по сравнению с классическим векторным на той же программно-аппаратной базе. Далее на его основе имеет смысл разрабатывать параллельные алгоритмы метода Якоби, которые по мнению авторов окажутся более эффективными, чем известные из [1-4].

### Литература

1. Ортега, Дж. Введение в параллельные и векторные методы решения линейных систем / Дж. Ортега. – пер. с англ. – М.: Мир, 1991. – 368 с.
2. Xing, Zhou Tiling Optimizations For Stencil Computations // ph.d. thesis of the University of Illinois at Urbana-Champaign, 2013. – 133 p.
3. Alias, Christophe Bogdan Pasca, Alexandru Plesco Automatic Generation of FPGA-Specific Pipelined Accelerators / Christophe Alias, Bogdan Pasca, Alexandru Plesco // Reconfigurable Computing: Architectures, Tools and Applications: 7th International Symposium, ARC 2011, Belfast, UK, March 23-25, 2011. – p. 398-411.
4. Li, Yanhua HW/SW co-optimization for stencil computation: Beginning with a customizable core / Yanhua Li, Zhang, Y., Weiming Zheng // Tsinghua Science and Technology, 21(5), 2016. – p. 570–580.

О.К. Головнин, А.А. Мызников

### ЦИФРОВЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ТЕМПОРАЛЬНЫХ БАЗ БОЛЬШИХ ДАННЫХ

(Самарский университет, Университет ИТМО)

Повсеместно осуществляемая цифровизация социально-экономических и технологических процессов приводит к необходимости хранения в базах данных (БД) большого объема данных (Big Data), имеющих временную привязку и обладающих временем жизни [1, 2]. Распространенное решение – использование моделей темпоральных данных, в которые интегрируется атрибутно-временной состав, что обеспечивает возможность получения данных, актуальных на определенный момент или в определенный период времени. Проблемы исследования темпоральных моделей и БД занимались многие отечественные и зарубежные исследователи. В настоящей работе проводится аналитический обзор решений, направленных на решение задачи обеспечения темпоральности с использованием реляционной системы управления БД (СУБД).

Модель темпоральных данных строится из элементов данных и внутренних структур, отражающих изменения элементов модели во времени и



фиксирующих те моменты времени, когда эти изменения происходят. Такую модель еще называют битемпоральной, так как она содержит время операции и время фиксации факта [3].

В [4] рассматривается несколько подходов создания темпоральных БД. Первый подход заключается в преобразовании темпоральных запросов на уровне ядра реляционной СУБД. Такой подход предоставляет максимальные возможности по расширению синтаксиса языка запросов SQL, но доступен только для разработчика БД. Второй подход, предложенный в [4], предполагает использование программных библиотек (в пользовательском приложении) или модулей для преобразования темпоральных запросов. Соответственно, между реляционной СУБД и пользовательским приложением появляется некая темпоральная абстракция, которая интерпретирует результаты запросов. Такой подход позволяет сократить количество ошибок и обеспечивает разделение бизнес-логики приложения от техники хранения данных. Третий подход, представленный в [4], предполагает создание промежуточного элемента – прокси-уровня, реализованного в виде внешнего сервиса, драйвера, библиотеки и т.д.

Таким образом, перечисленные способы создания темпоральных моделей данных представляют собой определенные методы «усовершенствования» реляционных СУБД. Усовершенствование касается создания функционального блока, отвечающего за обработку темпорального запроса данных с использованием реляционных вычислений, после чего производится обратное преобразование в необходимое для пользователя представление. Соответственно способы создания темпоральных БД отличаются уровнем изменения в реляционной СУБД и степенью интеллектуальности темпоральных вычислений.

Темпоральные БД получили достаточно широкое распространение при решении задач в различных отраслях. В [5] рассматривается возможность использования темпоральной БД для создания интеллектуальных систем поддержки принятия решений в масштабе реального времени. За счет представления и использования темпоральных данных совместно с OLAP-технологиями появляются возможности для мониторинга и управления транспортными и энергетическими системами.

В [6, 7] рассмотрены различные состояния (снимки) БД, отражающие состояние объектов цифровизации с учётом изменений во времени. Приведение нетемпоральной модели к темпоральной предлагается осуществить за счёт добавления к данным временных отметок, что может привести к избыточности хранения информации.

Изменения в языке запросов к темпоральным данным рассмотрены в [8, 9]. Выделены различные уровни использования запросов при реализации темпоральной поддержки. Предложен вариант архитектуры решения для использования темпоральных баз данных геоинформационных систем.

В [10, 11] рассмотрены методы для минимизации сложности запросов и снижения затрат памяти на вычисление запросов при проектировании



темпоральных БД. Проведено подробное сравнение различных моделей темпоральных данных. Рассмотрена проблема выбора СУБД при проектировании автоматизированной обучающей системы. Проведен сравнительный анализ алгоритмов и моделей доступа к данным в реляционных и NoSQL СУБД. Предложен вариант темпоральной БД для применения в системе поддержки принятия решений по идентификации беспилотных летательных аппаратов с помощью реляционной СУБД.

Применение темпоральной базы данных в транспортной сфере рассмотрено в работе [12]. Дана систематизация баз данных применительно к транспорту. Описаны особенности организации и технологии для обновления темпоральных БД. В работе [13] проанализированы существующие подходы к представлению темпоральной модели данных.

Таким образом, в зависимости от предметной области, существуют различные способы реализации темпоральных БД, позволяющих отслеживать состояние объектов предметной области в прошлом, настоящем и будущем. Универсальный подход к реализации темпоральности произвольных гетерогенных данных не предложен в существующих исследованиях, что подтверждает актуальность реализации подобного решения.

Кроме того, видится перспективным реализовать такой способ хранения данных, при котором для каждой сущности в базе данных применяются механизмы фиксации изменения атрибутов, при этом каждое изменение атрибута порождает отдельный временной/версионный путь ее дальнейшего развития.

### Литература

1 Industrial application of Big Data services in digital economy / P.V. Sitnikov, A.A. Khorina, A.V. Ivaschenko, A.A. Stolbova, N.Yu. Ilyasova // Сборник трудов ИТНТ-2019. – 2019. – С. 652-658.

2 Управляемый данными анализ транспортных потоков в различных дорожных условиях / О.К. Головнин // V Международная конференция и молодёжная школа «Информационные технологии и нанотехнологии». – Самара : Новая техника, 2019. – Т. 4. – С. 533–542.

3 Моделирование темпоральных (временных) данных в хранилищах данных [Электронный ресурс] / Режим доступа: [https://www.intuit.ru/studies/higher\\_education/3406/courses/455/lecture/10165?page=2](https://www.intuit.ru/studies/higher_education/3406/courses/455/lecture/10165?page=2) (дата обращения 19.11.2019).

4 История и актуальные проблемы темпоральных баз данных [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://citforum.oldbank.com/database/articles/temporal/index.shtml> (дата обращения: 19.11.2019).

5 Еремеев А.П., Еремеев А.А., Пантелеев А.А. Возможности реализации темпоральной базы данных для интеллектуальных систем // Программные продукты и системы. – 2011. - № 2. - С. 3-7.

6 Балдин А.В., Елисеев Д.В., Агаян К.Г. Обзор способов построения



темпоральных систем на основе реляционной базы данных [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://technomag.edu.ru/doc/441884.html> (дата обращения 19.11.2019).

7 Балдин А.В., Тоноян С.А., Елисеев Д.В., Анализ избыточности хранения темпоральных данных средствами реляционных СУБД. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://engjournal.ru/catalog/it/hidden/1273.html> (дата обращения 19.11.2019).

8 Котиков П.Е., Нечай А.А., Зацепин В.А. Темпоральные базы данных и язык запросов // Наука и современность. – 2014. – №2 – С.60-68.

9 Котиков П.Е. Варианты построения темпоральных баз данных в геоинформационных системах // Научный аспект. – 2014. - №4. - С.118-120.

10 Проектирование информационной обучающей системы выбор СУБД и способа доступа к данным / О.К. Головнин, Д.Е. Егоров // Информационные технологии поддержки принятия решений: материалы конф. – Уфа-Ставрополь: УГАГУ, СКФУ, 2018. – С.116-121.

11 Храмов В.Ю., Ханов Э.Б., Мишуков А.Н. Автоматизированная система ведения темпоральной базы данных системы поддержки принятия решений по идентификации беспилотных летательных аппаратов // Энергия – XXI век. – 2018. – №3 (103). – С.85-89.

12 Матчин В.Т. Обновление темпоральной базы данных в транспортной сфере // Наука и технологии железных дорог. – 2017. - №2. - С.39-46.

13 Gupta P.K, Rishi R., Biswas R. A comparative analysis of temporal data models // International Journal of Advanced Computational Engineering and Networking, ISSN (p): 2320-2106, Volume- 1, Issue- 8, Oct-2013.

А.О. Пшеничных, Э.И. Ватутин

## ВЛИЯНИЕ ВЫБОРА НАЧАЛЬНОГО ЦВЕТА НА КАЧЕСТВО РЕШЕНИЙ ДЛЯ МЕТОДА ВЗВЕШЕННОГО СЛУЧАЙНОГО ПЕРЕБОРА ПРИ ПОИСКЕ РАСКРАСКИ ГРАФА

(Юго-Западный государственный университет, Курск)

**Аннотация.** В работе приводится описание эффекта выбора вероятности минимально допустимого или случайного цвета выбранной вершины на качество получаемых решений методом взвешенного случайного перебора поиска хроматического числа графа. Для разработанных программных реализаций приведены оценки временных затрат и скорости сходимости.

Существует большое количество практических задач, которые можно решить за полиномиальное время к задачам теории графов [1]. Одна из них – поиск оптимальной раскраски графа, которая может быть применена для разбиения графов, составления расписаний различного рода, компиляции программ, решения задач на базе латинских квадратов и пр.



Задача раскраски неориентированного графа  $G = \langle A, V \rangle$ , где  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_N\}$  – множество вершин графа,  $N = |A|$  – число вершин,  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_M\} \subseteq A \times A$  – множество рёбер,  $M = |V|$  – общее число рёбер, в минимальное количество цветов относится к классу  $NP$ -полных. В некоторых случаях граф может не быть полносвязным, что свидетельствует об отсутствии связей между некоторыми парами вершин, при этом граф характеризуется значением «плотности»  $d(G) = \frac{M}{N(N-1)}$  (данная характеристика является

важной в связи с тем, что качество работы эвристических методов зависит от области в некотором многомерном пространстве, одной из координат которого в задачах на графах является плотность  $d(G)$  этого графа [1, 2]). Необходимо найти такой набор цветов  $X = \{x(a_1), x(a_2), \dots, x(a_N)\}$  (раскраску) для каждой вершины графа  $a_i$ ,  $x(a_i) \in C$ , из множества цветов  $C = \{c_1, c_2, \dots, c_{\chi^*}\}$ , чтобы  $\chi^* = |C| \rightarrow \min$ , причём смежные вершины графа не могут быть раскрашены в одинаковые цвета:  $\forall v_i = (a_{i_1}, a_{i_2}) : x(a_{i_1}) \neq x(a_{i_2})$ . В случае нахождения оптимальной раскраски  $\chi^*(G) = \chi(G)$ , где  $\chi(G)$  – хроматическое число графа  $G$ , а в случае нахождения суб- или квазиоптимальной –  $\chi^*(G) \geq \chi(G)$ .

Для программной реализации данного метода необходимо вычислить минимально возможную мощность множества цветов  $|C|$ , в которые могут быть раскрашены вершины заданного графа без нарушения условий правильной раскраски, в этом случае такие цвета будем считать допустимыми (при нарушении условий поставленной задачи – недопустимыми). Для проверки работы метода берётся некая выборка из  $K$  графов  $\Lambda = \{G_1, G_2, \dots, G_K\}$  и оценивается усреднённое качество решения  $\bar{Q} = \frac{\sum_{i=1}^K Q(G_i)}{K}$ , где  $Q(G_i)$  – качество  $i$ -го решения и равно  $\chi(G_i)$ , обычно оно больше оптимума  $\bar{Q} > Q^*$ .

В простейшей реализации метода взвешенного случайного перебора вершины окрашиваются последовательно в том порядке, в каком они указаны в графе. В процессе разработки алгоритма было предложено реализовать ещё три различных способа обхода вершин неориентированного графа:

1. В случайном порядке: из множества ещё не окрашенных вершин  $\tilde{A} \subseteq A$  выбирается случайная  $a_i$ , ей присваивается минимально допустимый цвет  $c_j$ .
2. В порядке уменьшения степеней вершин: из множества ещё не окрашенных вершин  $\tilde{A}$  выбирается такая  $a_i$ , у которой больше остальных связей с другими в матрице смежности (наибольшее



возможное значение степени вершины  $\rho(a_i) \leq N-1$   $\rho(a_i) \rightarrow \max$ , ей присваивается минимально допустимый цвет  $c_j$ .

3. В порядке возрастания количества допустимых цветов вершины: из множества ещё не окрашенных вершин  $\tilde{A}$  выбирается такая  $a_i$ , у которой имеется наименьшая мощность множества допустимых цветов  $X(a_i) \subseteq X$ , где  $|X(a_i)| \rightarrow \min$ , ей присваивается минимально допустимый цвет  $c_j$ .

Ввиду того, что при переборе в порядке уменьшения степеней вершин или же возрастания количества допустимых цветов может возникать ситуация, при которой несколько вершин будут иметь равное значение степени либо количество допустимых цветов, было решено ввести дополнительный параметр метода:  $\eta$  – вероятность выбора минимально допустимого или случайного цвета для текущей вершины.

Зависимости средневыборочного хроматического числа  $\chi^*$  и времени получения решения  $t$  от параметра  $\eta$  приведены на рис. 1 и 2. Вычислительный эксперимент проводился для  $K = |\Lambda| = 250$  случайных графов выборки  $\Lambda = \{G_1, G_2, \dots, G_K\}$  графов с псевдослучайной структурой размером  $N = 40$  вершин и плотностью  $d(G) = 0,777$ , используя количество итераций  $C_{\max} = 1000$  (здесь WRS\_M0 – порядок перебора вершин по минимуму доступных цветов с назначением 1 цвета первой вершине; WRS\_Max01 – порядок перебора вершин по степеням вершин с последовательным назначением  $N$  цветов первой вершине; WRS\_Max11 – порядок перебора вершин по степеням вершин с последовательным назначением  $N$  цветов первой вершине и применением дополнительной сортировки (при одинаковых значениях степенях вершин будет выбрана та, которая имеет больше связей с уже окрашенными)).

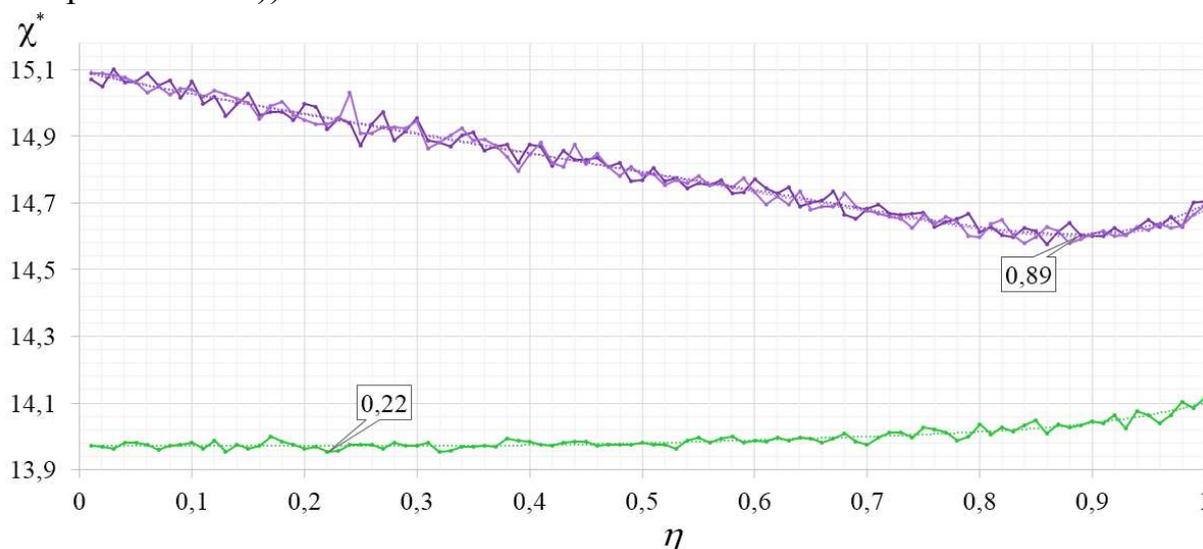


Рис. 1. Зависимость усреднённого хроматического от параметра  $\eta$



В ходе проверки получены оптимальные значения параметра для данных реализаций: для WRS\_Max01 и WRS\_Max11 равно  $\eta = 0,89$ , для WRS\_M0 случайная составляющая оказывает большее влияние на качество, чем жадная, т.о. за оптимальное значение принято  $\eta = 0,22$ . WRS\_Max01 и WRS\_Max11 практически не отличаются по качеству решения и по сравнению с WRS\_M0 дают ухудшение качества на  $\approx 4,6\%$  при полученных оптимальных значениях параметра. Для перебора по степеням вершин влияние параметра на качество решения является более выраженным, чем при переборе по минимуму допустимых цветов аналогично результатам работы [3], также выявлено, что для перебора по степеням вершин бассейн притяжения глобального оптимума параметра  $\eta$  для метода взвешенного случайного перебора не так сильно выражен, как для метода случайного перебора [3].

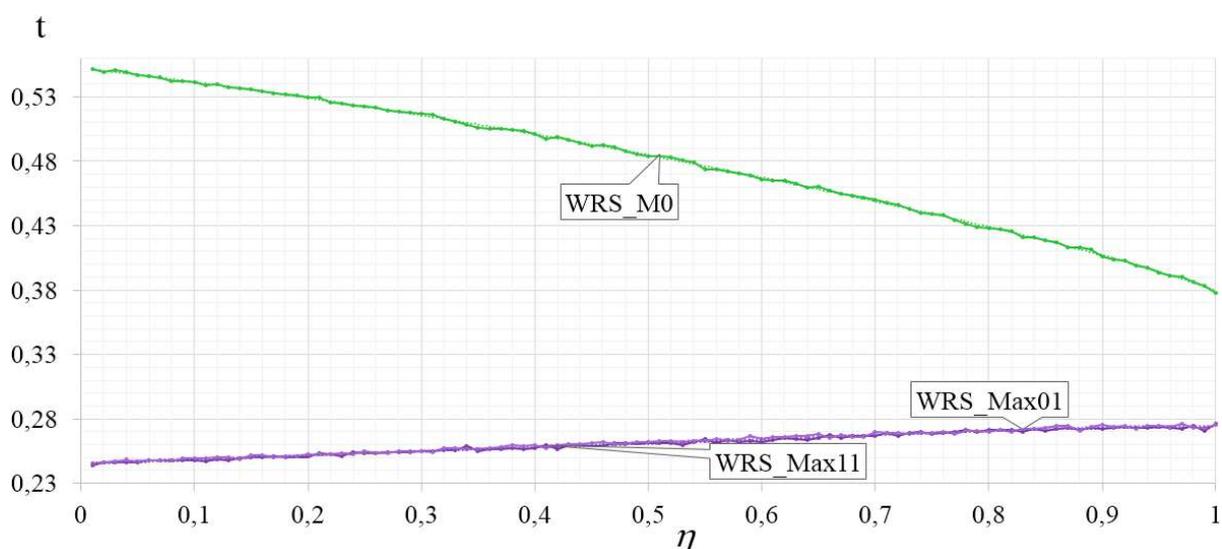


Рис. 2. Зависимость времени нахождения решения (в секундах) от параметра  $\eta$

Для перебора по минимуму цветов временные затраты снижаются в  $\approx 1,46$  раза при использовании жадного выбора по сравнению со случайным. Дополнительная сортировка при переборе по степеням вершин не оказывает влияния ни на качество получаемых решений, ни на время их генерации.

### Литература

1. Ватутин Э.И. Основы дискретной комбинаторной оптимизации. [Текст] / Ватутин Э.И., Титов В.С., Емельянов С.Г. – М.: Аргмак-Медиа, 2016. – 270 с.
2. Карпенко А.П. Современные алгоритмы поисковой оптимизации. Алгоритмы, вдохновлённые природой. [Текст] – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – 446 с.
3. Пшеничных А.О. О влиянии вероятности выбора минимально допустимого или случайного цвета для метода случайного перебора эвристической оценки хроматического числа графа [Текст] / Пшеничных А.О.,



Гвоздева С.Н., Панищев В.С., Ватутин Э.И // Интеллектуальные и информационные системы. – Тула: изд-во ТулГУ, 2019. – с. 59–63.

Цзе Дон, С.В. Востокин

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛАТФОРМ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ EVEREST И MYBINDER

(Самарский университет)

На этапах исследования динамических систем применяются различные программные средства компьютерного моделирования. Этап анализа и разработки модели в форме, пригодной для интегрирования, реализуется в системах компьютерной алгебры (Maple, Mathematica, SymPy). Этап построения траекторий в фазовом пространстве выполняется с помощью пакетов численного интегрирования (Boost.Numeric.Odeint). Этап статистического анализа наблюдаемого поведения систем проводится в фреймворках анализа данных (Apache Spark). Этап представления результатов моделирования в удобном для анализа виде осуществляется при помощи пакетов визуализации (D3.js) [1].

Очевидно, что для снижения трудоемкости рабочего процесса моделирования динамических систем необходима комплексная автоматизация всех этапов исследования. Традиционно для этого использовались монолитные коммерческие системы и сервисы (Mathcad, SMath Studio). Однако в связи с интенсивным развитием web-технологий и технологий облачных вычислений стали активно развиваться новые подходы автоматизации рабочего процесса (workflow) численного моделирования (Project Jupyter, Everest Platform).

Ключевыми парадигмами проекта Jupyter являются клиент-серверная модель и графическая интерактивная среда в стиле REPL (read-eval-print loop), реализованные в форме web-интерфейса. Многооконный интерфейс JupyterLab позволяет работать сразу с несколькими языками программирования в дополнении к языку Python [2]. Публичные облачные сервисы (mybinder.org) автоматизируют развертывание экземпляров JupyterLab на бесплатных виртуальных машинах [3].

Облачная платформа в виде сервиса (PaaS) Everest [4] предназначена для композиции приложений, работающих на различных вычислительных ресурсах, с целью реализации единого рабочего процесса численного моделирования. В качестве аппаратных ресурсов приложений могут выступать физические рабочие станции, виртуальные машины, кластерные системы. При этом для ресурса не требуется выделенного IP-адреса и постоянного подключения. Ресурс может работать в конфигурации «за брандмауэром». Платформа Everest является публично доступной.

Изложенное выше показывает, что существует техническая возможность совместного использования облачной платформы Everest и платформ проекта



Jupyter, частности MyBinder, для комплексной автоматизации вычислительного эксперимента. Нашей целью являлась разработка технологии проведения вычислительных экспериментов для исследования динамических систем на базе современных программно-аппаратных решений Everest и MyBinder.

В проведенном исследовании решались следующие задачи:

1. анализ принципов моделирования динамических систем с целью выявления существенных для автоматизации особенностей;
2. обзор технологий автоматизации вычислительного эксперимента на высокопроизводительной технике;
3. разработка алгоритмов управления распределенными вычислениями на базе парадигмы «портфель задач»;
4. проектирование архитектуры распределенного приложения;
5. реализация тестового распределенного приложения, автоматизирующего анализ динамических систем, для экспериментального подтверждения его работоспособности.

Обзор предметной области показал, что численное моделирование динамических систем основано на получении множества частных решений систем дифференциальных уравнений при разных начальных условиях. Данный процесс отличается значительной вычислительной сложностью, но в тоже время может быть легко распараллелен. В качестве технологий параллельного программирования моделей динамических систем могут использоваться традиционные технологии OpenMP и MPI. Однако модели обычно реализуются не только на языках C/C++ и Fortran, для которых разработаны стандарты OpenMP и MPI. Запрограммированные модели могут исполняться как на отдельных высокопроизводительных системах, так и на их комбинации. Поэтому для наших целей применение только OpenMP и MPI не достаточно. Решением является применение технологий, разработанных для программирования грид-систем из настольных компьютеров [5], поддерживаемых в том числе платформой Everest.

При проектировании приложений для исследования динамических систем в качестве основы интеграции его компонентов предлагается использовать платформу Everest по следующим причинам. Не требуется развертывание управляющего компонента, так как он реализован в форме публичного PaaS сервиса ([everest.distcomp.org](http://everest.distcomp.org)). Взаимодействие между компонентами приложения реализуется по REST API, что гарантирует интероперабельность. Настройка сервиса под решаемую задачу осуществляется через удобный графический интерфейс веб-обозревателя. Сервис поддерживает запуск унаследованного программного обеспечения (legacy software) OpenMP и MPI на различные ресурсы, включая кластерные системы. Последнее свойство является важным, так как позволяет использовать готовые пакеты численных методов, например, для численного интегрирования моделей.

В качестве системы программирования и реализации интерфейса приложений в нашем проекте выбрана платформа JupyterLab по следующим причинам: обеспечивается простота развертывания на основе публичных



binderhub-сервисов, например, mybinder.org; интерфейс JupyterLab изначально ориентирован на задачи математического моделирования; типовой рабочий процесс моделирования реализуется в REPL интерфейсе jupyter-ноутбуков. Интерфейс ноутбуков JupyterLab совместим с различными языками, включая языки C/C++, используемые для программирования моделей динамических систем.

Для сканирования параметрического пространства модели динамических систем нами выбран паттерн «портфель задач» (bag-of-tasks) [6]. Данный паттерн, наряду с менее общим паттерном «применить ко всем» (map), является традиционным для программирования грид-систем из настольных компьютеров.

Распределенное приложение для исследования динамических систем включает следующие компоненты. Интерфейсная часть реализована в виде git-репозитория в формате binderhub. Репозиторий содержит программу управления вычислениями по паттерну «портфель задач» на языке C++; REST API (на языке C++) для связи с сервисом Everest и запуска задач интегрирования уравнений дискретных систем с заданными начальными условиями; сценарий рабочего процесса моделирования, реализованный в виде jupyter-ноутбука; сценарий развертывания на виртуальную машину под управлением сервиса mybinder.org.

Вычислительная часть реализована в виде Everest-приложения, которое представляет собой программу на языке C++, решающую задачу интегрирования уравнения дискретной системы для заданных начальных условий, и специальный конфигурационный файл формата JSON. Файл JSON формируется при установке приложения на платформу Everest через графический интерфейс (everest.distcomp.org). Для развертывания вычислительной части приложения на ресурсе (кластере, рабочей станции или виртуальной машине) устанавливается агент ресурса – специальная программа на языке Python, взаимодействующая с сервером платформы Everest. Агент ресурса регистрируется на сервере Everest, для этого выполняется аутентификация с использованием токена.

В вычислительном эксперименте исследовались: настройка приложения; возможность устойчивой работы в распределенной конфигурации в гибридном облачном окружении [7]; длительность выполнения отдельной задачи интегрирования уравнения дискретной системы для получения значимого ускорения.

Вычислительный эксперимент выполнялся на эмуляторе распределенной системы, который включает виртуальную машину с интерфейсной частью приложения; виртуальную машину с агентом вычислительной части приложения; сервер Everest. В запускаемых задачах для контроля работоспособности выполнялась фиктивная операция (возведение переданного из интерфейсной части числа в квадрат) и заданная временная задержка. Агент настраивался таким образом, чтобы одновременно выполнялись несколько задач. Тем самым имитировалась параллельная обработка. Для заданного



количества параллельных задач время выполнения отдельной задачи увеличивалось до тех пор, пока наблюдался прирост ускорения. Найденное таким образом время является рекомендованным временем вычисления отдельной задачи в реальных расчетах. Это время в реальных расчетах подбирается путем объединения нескольких задач в одну (операция *parceling-a*). В экспериментах показано, что для достижения значимого ускорения (на эмуляторе достигавшего 51 раз при количестве одновременно выполнявшихся задач 100 единиц) в предложенной архитектуре необходимо объединять вычисления так, чтобы длительность обработки одной задачи не превышала 20 секунд.

Таким образом, нами разработана и апробирована технология проведения вычислительных экспериментов для исследования динамических систем на базе современных программно-аппаратных решений *Everest* и *MyBinder*. Данная технология может быть рекомендована для других предметных областей численного моделирования, связанных с проведением большого числа ресурсоемких и независимых вычислительных экспериментов.

### Литература

1. Востокин С.В., Бобылева И.В., Попов С.Н. Метод построения композитных приложений для моделирования динамических систем // XXI Всероссийский семинар по управлению движением и навигации летательных аппаратов. — 2019. — Ч. II. — С. 83-85
2. Granger B., Colbert C., Rose I. JupyterLab: The next generation Jupyter frontend // JupyterCon 2017. — 2017.
3. Ragan-Kelley B., Willing C. Binder 2.0-Reproducible, interactive, sharable environments for science at scale. — 2018.
4. Sukhoroslov O. A Web-Based Platform for Publication and Distributed Execution of Computing Applications [Text] / Sukhoroslov O., Volkov S., Afanasiev A. // IEEE Xplore. — 2015. — Vol. 14. — P. 175-184.
5. Ivashko E., Chernov I., Nikitina N. A survey of desktop grid scheduling // IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems. — 2018. — Т. 29. — №. 12. — С. 2882-2895.
6. Senger H., da Silva F. A. B. Bounds on the scalability of bag-of-tasks applications running on master-slave platforms // Parallel Processing Letters. — 2012. — Т. 22. — №. 02. — С. 1250004.
7. Goyal S. Public vs private vs hybrid vs community-cloud computing: a critical review // International Journal of Computer Network and Information Security. — 2014. — Т. 6. — №. 3. — С. 20.



## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ТРАНСПОРТЕ

---

Е.О. Арискин, А.В. Никитин, В.М. Солдаткин, С.С. Мальцев

### СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВЕКТОРА ВЕТРА НА БОРТУ ВЕРТОЛЕТА С НЕПОДВИЖНЫМ ПРИЕМНИКОМ, УЛЬТРАЗВУКОВЫМИ И АЭРОМЕТРИЧЕСКИМИ КАНАЛАМИ\*

(Казанский национальный исследовательский технический университет  
им. А.Н.Туполева-КАИ)

Известным системам измерения параметров вектора ветра на борту вертолета, построенным на основе неподвижного приемника и аэрометрических измерительных каналов [1] и неподвижного комбинированного приемника с аэрометрическими и ионно-меточными измерительными каналами [2, 3] характерны усложнение конструкции приемника, аддитивные и мультипликативные погрешности выделения и преобразования амплитудных первичных информативных сигналов.

На рисунке приведена структурно-функциональная схема бортовой системы измерения параметров вектора ветра на вертолете с ультразвуковыми и аэрометрическими измерительными каналами, при этом ультразвуковые измерительные каналы реализуются с помощью совмещенных пар излучатель-приемник частотно-пакетных ультразвуковых сигналов [4].

Ультразвуковые измерительные каналы системы включают плату 1. На ее внешней поверхности, обтекаемой воздушным потоком горизонтального вектора ветра  $W_{\Gamma}$ , установлены две пары 3 и 4 совмещенных пьезоэлектрических излучателей – приемников  $I_1-P_1$ ,  $I_1'-P_1'$  и  $I_2-P_2$ ,  $I_2'-P_2'$ . Излучатели 3  $I_1$  и  $I_1'$ ,  $I_2$  и  $I_2'$  через модуляторы 5  $M_1$  и  $M_1'$ ,  $M_2$  и  $M_2'$  подключены к генератору 2 ( $G$ ) синусоидальных колебаний высокой частоты (10 МГц). Совмещенные пьезоэлектрические пары излучатель – приемник  $I_1-P_1$ ,  $I_1'-P_1'$  и  $I_2-P_2$ ,  $I_2'-P_2'$  установлены под углом  $\Theta_0$  к оси симметрии приемной платы, относительно которой по часовой стрелке отсчитываются положительные значения угла направления  $\psi$  вектора ветра  $W_{\Gamma}$ . При этом, измеряемая скорость  $W_{\Gamma}$  ветра в ультразвуковых измерительных каналах  $I_1-P_1$  и  $I_2-P_2$  направлены в сторону распространения ультразвуковых колебаний, а в ультразвуковых измерительных каналах  $I_1'-P_1'$  и  $I_2'-P_2'$  – действует в сторону, противоположную направлению распространения ультразвуковых колебаний. Воспринимаемые пьезоэлектрическими приемниками  $P_1$ ,  $P_1'$  и  $P_2$ ,  $P_2'$  ультразвуковые колебания с частотами  $f_1$ ,  $f_1'$  и  $f_2$ ,  $f_2'$  усиливаются усилителями 6  $U_1$ ,  $U_1'$  и  $U_2$ ,  $U_2'$  и выделяются детекторами 7  $D_1$ ,  $D_1'$  и  $D_2$ ,  $D_2'$ .

---

\* Работа выполнена по гранту РФФИ №18-08-00264



Частоты ультразвуковых колебаний  $f_1$  и  $f_1'$ , выделяемые детекторами  $D_1$  и  $D_1'$  поступают на вход схемы вычитания 8  $CB_1$ , на выходе которой формируется разность  $\Delta f_1 = f_1 - f_1'$ . Частоты  $f_2$  и  $f_2'$ , выделяемые детекторами  $D_2$  и  $D_2'$ , поступают на вход схемы вычитания 9  $CB_2$ , на выходе которой формируется разность  $\Delta f_2 = f_2 - f_2'$ . Разности частот  $\Delta f_1$  и  $\Delta f_2$  являются информативными сигналами ультразвуковых измерительных каналов, по которым по рассматриваемым ниже алгоритмам в вычислителе 10 определяются скорость  $W_{\Gamma}$  и угол направления  $\psi$  вектора ветра  $W_{\Gamma}$ .

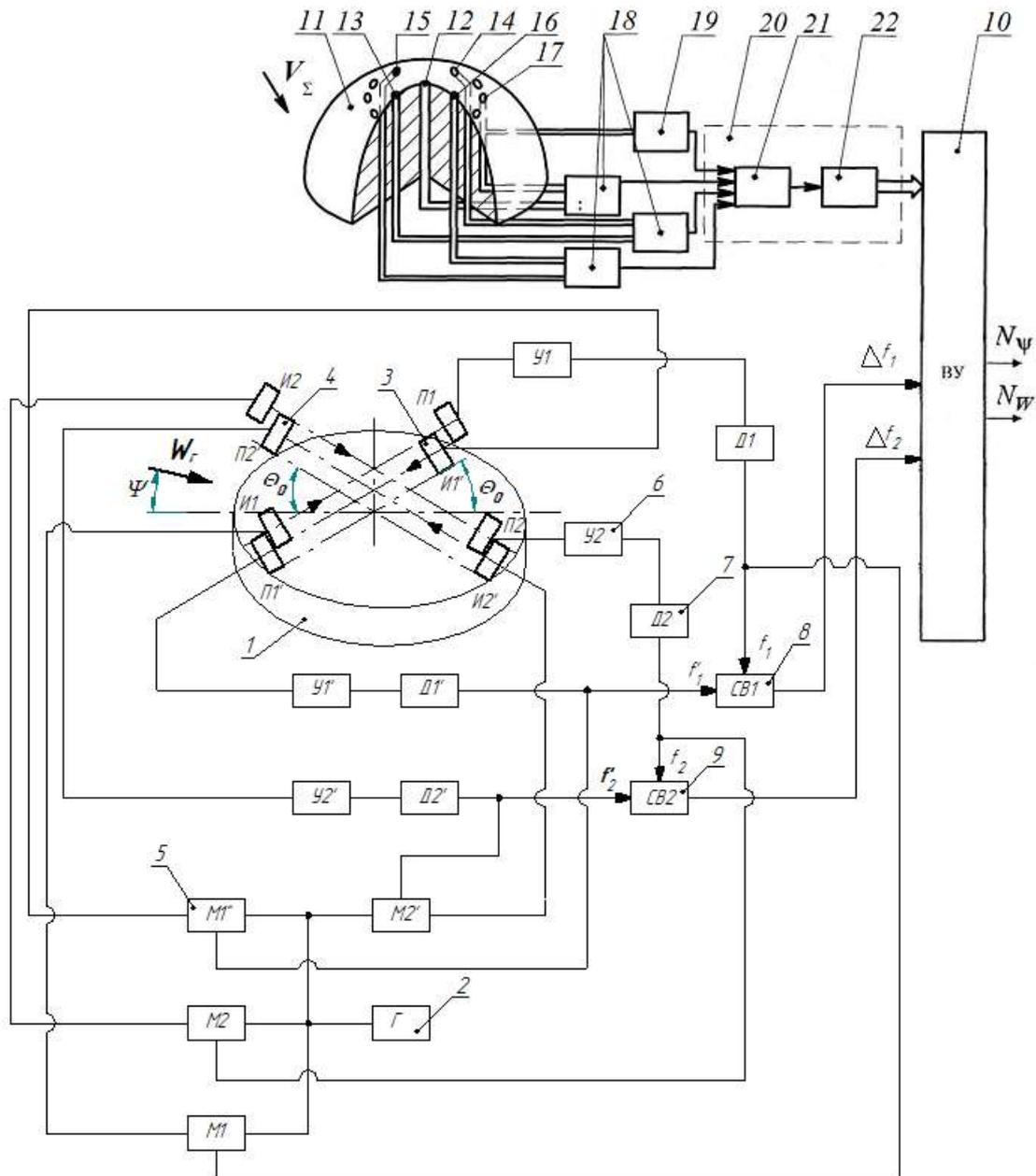


Рис. 1. Структурно-функциональная схема системы измерения параметров вектора ветра на борту вертолета с ультразвуковыми и аэрометрическими измерительными каналами



Для измерения параметров вектора ветра на стоянке при вращении несущего винта, на стартовых и взлетно-посадочных режимах вертолета над платой  $I$  ультразвуковых измерительных каналов устанавливается неподвижный полусферический приемник  $II$ , на поверхности которого расположены: отверстия  $12-17$  для забора давлений, определяющих скорость  $V_{\Sigma}$  и углы направления  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  вектора скорости  $V_{\Sigma}$  результирующего воздушного потока вихревой колонны несущего винта. Воспринимаемые давления через пневмоэлектрические преобразователи  $18, 19$  абсолютного давления и перепадов давлений, элементы  $21, 22$  аналого-цифрового преобразователя  $20$  аэрометрических измерительных каналов поступают на вход вычислительного устройства ВУ рассматриваемой системы измерения параметров вектора ветра. Следует отметить, что аэрометрические измерительные каналы рассматриваемой системы аналогичны бортовой системы измерения параметров вектора ветра на основе ионно-меточного датчика аэродинамического угла и истинной воздушной скорости [2].

Применительно к совмещенной паре излучатель – приемник  $I_1 - П_1, I_1' - П_1'$  при измерении скорости  $W$  и угла направления  $\psi$  горизонтального вектора ветра  $W_{\Gamma}$  время прохождения звуковых колебаний от излучателя до приемника будут определяться соотношениями:

$$\begin{aligned} t_1 &= \frac{L}{a + W \cos(\Theta_0 + \Psi)}; & t_1' &= \frac{L}{a - W \cos(\Theta_0 + \Psi)}; \\ t_2 &= \frac{L}{a + W \cos(\Theta_0 - \Psi)}; & t_2' &= \frac{L}{a - W \cos(\Theta_0 - \Psi)}, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $L$  – расстояние между излучателями  $I_1$  и  $I_1'$  и приемниками  $П_1, П_1'$  ультразвуковых колебаний;  $a$  – скорость распространения звука в воздухе.

Как только первые электрические колебания, создаваемые на выходах пьезоэлектрических приемников  $П_1, П_1'$  и  $П_2, П_2'$ , пройдя через усилители  $У_1, У_1'$  и  $У_2, У_2'$  и детекторы  $Д_1, Д_1'$  и  $Д_2, Д_2'$ , поступают на модуляторы  $М_1$  и  $М_1', М_2$  и  $М_2'$ , работающие в триггерном режиме. Модуляторы закрывают прохождение колебаний от генератора  $Г$  к пьезоэлектрическим элементам излучателей  $I_1, I_1'$  и  $I_2$  и  $I_2'$  и посылка ультразвуковых колебаний прекратится. Модуляторы  $М_1$  и  $М_1', М_2$  и  $М_2'$  вновь открываются после того как последние ультразвуковые колебания первых пакетов импульсов достигнут пьезоэлектрических элементов приемников  $П_1, П_1'$  и  $П_2, П_2'$  и поступление электрических колебаний к модуляторам прекратится.

В результате между пьезоэлементами пары  $I_1-П_1$  и  $I_1'-П_1'$  и пары  $I_2-П_2$  и  $I_2'-П_2'$  будут проходить пакеты ультразвуковых колебаний с периодами следования  $2T_1, 2T_1'$  и  $2T_2, 2T_2'$ . На входы схемы вычитания  $8 СВ_1$  и схемы вычитания  $9 СВ_2$  будут поступать процессы с частотами  $f_1, f_1'$  и  $f_2, f_2'$ , определяемых соотношениями



$$\begin{aligned} f_1 &= \frac{a + W \cos(\Theta_0 + \Psi)}{L}; & f_1' &= \frac{a - W \cos(\Theta_0 + \Psi)}{L}; \\ f_2 &= \frac{a + W \cos(\Theta_0 - \Psi)}{L}; & f_2' &= \frac{a - W \cos(\Theta_0 - \Psi)}{L}. \end{aligned} \quad (2)$$

На выходе схем вычитания  $\delta CB_1$  и  $\delta CB_2$  формируются информативные сигналы ультразвуковых измерительных каналов в виде разности частот  $\Delta f_1 = f_1 - f_1'$  и  $\Delta f_2 = f_2 - f_2'$ , определяемые соотношениями вида

$$\Delta f_1 = \frac{2W}{L} \cos(\Theta_0 + \Psi); \quad \Delta f_2 = \frac{2W}{L} \cos(\Theta_0 - \Psi); \quad (3)$$

Тогда аналитическая зависимость для определения скорости  $W$  и угла направления  $\psi$  вектора ветра в ультразвуковых измерительных каналах будет иметь вид

$$W = \frac{L}{2} \sqrt{\Delta f_1^2 + \Delta f_2^2}, \quad \psi = \arctg \frac{\Delta f_2 - \Delta f_1}{\Delta f_1 + \Delta f_2}. \quad (4)$$

Соотношения (4) определяют алгоритмы обработки информации ультразвуковых измерительных каналов бортовой системы измерения параметров вектора ветра с ультразвуковыми и аэрометрическими измерительными каналами на стоянке до запуска силовой установки.

На других режимах эксплуатации вертолета параметры вектора горизонтального ветра  $W_H$  определяются в аэрометрических измерительных каналах в соответствии с алгоритмами, приведенными в [2, 3].

Разработанные принципы построения, структурно-функциональная схема и алгоритмы обработки информации ультразвуковых измерительных каналов позволяют обоснованно проводить проектирование системы измерения параметров вектора ветра на борту вертолета с ультразвуковыми и аэрометрическими измерительными каналами. В сравнении с ионно-меточными измерительными каналами, ультразвуковые измерительные каналы имеют существенно меньшее число каналов с однотипными элементами и малые погрешности выделения и преобразования частотных сигналов, что обеспечивает их конкурентные преимущества.

### Литература

- [1] Никитин А.В., Солдаткин В.М. Система измерения параметров вектора ветра и истинной воздушной скорости // Датчики и системы. 2015. №4. С. 48-54.
- [2] Арискин Е.О., Лисин Р.А., Миннебаев М.Р., Солдаткин В.М. Особенности построения и алгоритмическое обеспечение системы измерения параметров вектора ветра на борту вертолета с ионно-меточными и аэрометрическими измерительными каналами // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. 2018. №2. С. 79-87.
- [3] Арискин Е.О., Солдаткин В.М. Модели инструментальных погрешностей системы измерения параметров вектора ветра на борту



*одновинтового вертолета с ионно-меточными и аэрометрическими измерительными каналами // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. 2019. Том 75. №1. С. 82-88.*

[4] Кремлевский П.П. *Расходомеры и счетчики количества*. Изд. 3-е перераб. и доп. // Машиностроение, 1975. 776 с.

А.А. Бородинов

## МЕТОД ЧИСЛЕННОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ КОРРЕСПОНДЕНЦИЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА

(Самарский университет)

В данной работе рассматривается задача определения множества вероятностных корреспонденций пользователя на общественном маршрутном транспорте или «пешком» и их вероятностные характеристики по данным мобильного приложения «Прибывалка-63» сервиса [tosamara.ru](http://tosamara.ru), используемого в настоящее время для информирования жителей г. Самара о движении общественного транспорта и прибытия его на остановки.

Получаемое множество вероятностных корреспонденций пользователя в дальнейшем может использоваться в навигационных или рекомендательных системах (сервисах) [1] в качестве предыдущих действий и решений пользователей [2, 3]. Учет всех обозначенных факторов возможен в «самоподстраивающихся» под индивидуальные предпочтения пользователей системах на основе методов машинного обучения [4].

Используемые в работе данные содержат информацию о идентификаторах и координатах остановок, координатах пользователя во время запроса информации о прибытии общественного транспорта к остановке и идентификаторах маршрута и списка идентификаторов остановок на маршруте.

Задача определения осуществляемых пользователем транспортных корреспонденций по косвенным данным может быть определена как задача оценки вероятностных характеристик соответствующих корреспонденций, то есть перемещений от остановки  $s_1$  к остановке  $s_2$  с использованием некоторого маршрута. Множество корреспонденций на маршрутном общественном транспорте представим следующим образом:

$$\left\{ \left( d_i, s_i^{start}, s_i^{end}, m_i^\ell, k_i^\ell \right) \right\}_{i \in I_u; \ell \in \mathcal{S}_i},$$

где  $I_u$  – множество вероятных корреспонденций пользователя и от известной (по запросам пользователя) остановки  $s_i^{start}$  к неопределенной на момент выбора РТС  $s_i^{end}$  для каждого дня  $d_i$  ( $w(d_i) \in W_a$ ).



Множество  $\mathfrak{S}_i$  определяет подмножество маршрутных ТС  $\{m_i^\ell, k_i^\ell\}_{\ell \in \mathfrak{S}_i}$ , которые могли реализовать соответствующую корреспонденцию  $s_i^{start} \rightarrow s_i^{end}$ . Для пары  $m_i^\ell, k_i^\ell$  время  $t(d_i, m_i^\ell, k_i^\ell, s_i^{start})$  определяет время появления этого маршрутного ТС на остановке  $s_i^{start}$ . Параметр  $\delta_x$  определяет допустимую предельную удаленность пользователя от остановки по координатам, а  $\delta_t$  допустимую максимальную длительность временного интервала без запросов от пользователя.

Определяем дополнительно среднюю интенсивность запросов  $\lambda_i$  пользователя, время их начала  $t_i^{\min}$  и прекращения  $t_i^{\max}$ :

$$t_i^{\max} = \max_{j \in \mathfrak{S}_i} t_j, \quad t_i^{\min} = \min_{j \in \mathfrak{S}_i} t_j, \quad \lambda_i = \frac{|\mathfrak{S}_i|}{t_i^{\max} - t_i^{\min}}.$$

Заполнение списка потенциально возможных маршрутных поездок производится следующим образом:

Будем относить к вероятностным характеристикам каждой возможной корреспонденции на общественном ТС для поездки с остановки  $s_i^{start}$  набор вероятностных характеристик каждой такой корреспонденции в виде вероятностей  $P_{i\ell}$ , определяемых следующим образом:

$$p_i^+(t) = \begin{cases} \lambda_i \left( t - \left( t_i^{\max} - \frac{1}{3\lambda_i} \right) \right) \exp \left( - \left( t - \left( t_i^{\max} - \frac{1}{3\lambda_i} \right) \right) \right), & t - \left( t_i^{\max} - \frac{1}{3\lambda_i} \right) \geq 0, \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases}$$

$$P_{i\ell}^+ = \frac{p_i^+(t(d_i, s_i^{start}, m_i^\ell, k_i^\ell))}{\sum_{j \in \mathfrak{S}_i} p_i^+(t(d_i, s_i^{start}, m_i^j, k_i^j))}.$$

Целью экспериментальных исследований является подтверждение работоспособности предложенного метода численного анализа данных о транспортных корреспонденциях пользователей общественного транспорта - то есть способности корректно реконструировать истинные транспортные корреспонденции соответствующего участника движения. В работе проводился анализ реальных данных с сервиса "Прибывалка-63".

Хотя сервис предоставляет огромное количество информации (общее число пользователей - более 200 тыс. человек, число запросов в день - около 1 млн.), основной проблемой оказался поиск заведомо известных транзакций, которые могли бы подтвердить корректность работы предложенного метода численного анализа. Для качественной верификации метода мы использовали только данные от пользователей сервиса, которые предоставили информацию о своих поездках.

Эксперимент проводился следующим образом: были отобраны запросы пользователей, постоянно пользующихся предопределенными маршрутами



общественного транспорта при поездках на работу и с работы. Запросы представлены на рисунке 1.

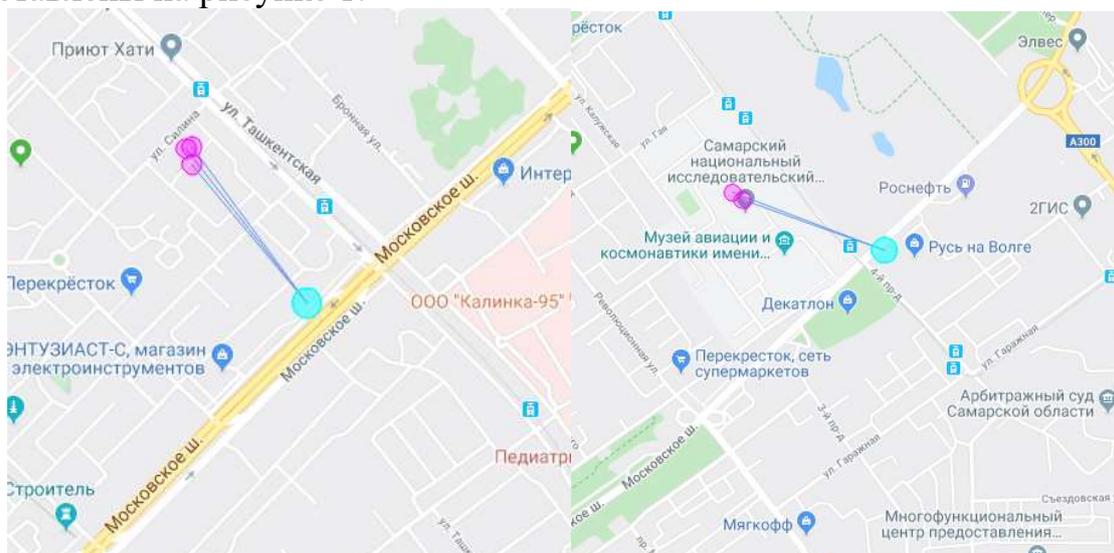


Рис. 1. Запросы участника проекта при поездке на общественном транспорте без пересадки: слева стартовая остановка отправления на работу, справа стартовая остановка отправления с работы домой

Запросы к мобильному приложению для данного пользователя, хранящиеся в базе данных, представлен на рисунке 1.4.

TimeStamp	DeviceID	Latitude	Longitude	Method	KS_ID	Stop_Latitude	Stop_Longitude
15.04.2019 8:13	f9344f04c90ff1ce9c	53.2629875	50.2330563	getFirstArrivalToStop	314	53.2601801307	50.2367014585211
15.04.2019 8:23	f9344f04c90ff1ce9c	53.2626987	50.2332317	getFirstArrivalToStop	314	53.2601801307	50.2367014585211
15.04.2019 8:28	f9344f04c90ff1ce9c	53.2630261	50.2332334	getFirstArrivalToStop	314	53.2601801307	50.2367014585211
15.04.2019 18:39	f9344f04c90ff1ce9c	53.2138125	50.1756480	getFirstArrivalToStop	872	53.2127417866	50.1806442642877
15.04.2019 18:40	f9344f04c90ff1ce9c	53.2139708	50.1752843	getFirstArrivalToStop	872	53.2127417866	50.1806442642877

Рис. 2. Запросы участника проекта при поездке на общественном транспорте без пересадки

Для поездки из дома до работы список вероятных корреспонденций пользователя представлен на рисунке 3.

KR_ID	ID_TransNavi	dateTime	P
625	403	2019-04-15T08:30:20	0.031966900365400235
1	389	2019-04-15T08:30:00	0.02046321597780766
53	109043	2019-04-15T08:32:01	0.018210441491160866
234	3024078	2019-04-15T08:34:53	0.009525851763204826
160	3024114	2019-04-15T08:34:31	0.00902011963856935
160	3024109	2019-04-15T08:41:16	0.00555184203669124
1	68	2019-04-15T08:42:57	0.0027284202526072143

Рис. 3. Список наиболее вероятных корреспонденций пользователя из дома до работы

Пользователь использует 625 маршрут для транспортной корреспонденции от дома до работы, что соответствует полученному списку



вероятных корреспонденций. Корреспонденция пользователя на 625 маршруте представлена на рисунке 4.

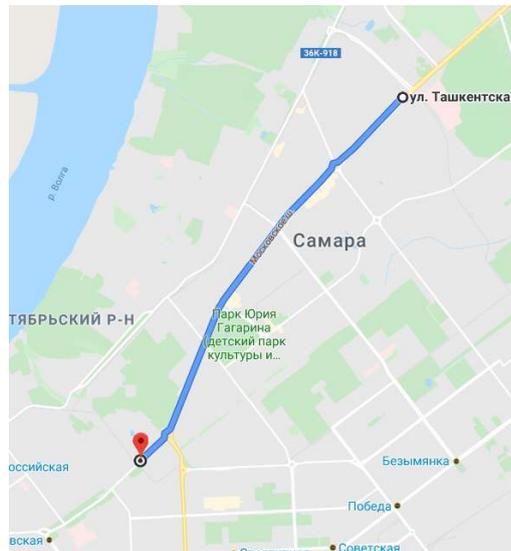


Рис. 4. Маршрут пользователя из дома до работы без пересадки

### Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (уникальный идентификатор проекта RFMEFI57518X0177).

### Литература

1. Chorus, C.G. et al. Use and effects of Advanced Traveller Information Services (ATIS): A review of the literature / C.G. Chorus, E.J.E. Molin, B. Van Wee // *Transport Reviews*. — 2006. — Т. 26(2). — С. 127–149. — DOI: 10.1080/01441640500333677.
2. Arentze, T.A. Adaptive personalized travel information systems: A bayesian method to learn users' personal preferences in multimodal transport networks [Text] / T.A. Arentze // *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. – 2013. – Vol. 14, № 4. – P. 1957-1966.
3. Nuzzolo, A. Individual behavioural models for personal transit pre-trip planners [Text] / A. Nuzzolo [et al.] // *Transportation Research Procedia*. – 2015. – Vol. 5. – P. 30-43.
4. Portugal, I. The use of machine learning algorithms in recommender systems: A systematic review [Text] / I. Portugal, P. Alencar, D. Cowan // *Expert Systems with Applications*. – 2018. – P. 205-227.



А.А. Бородинов

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДПОЧТЕНИЙ УЧАСТНИКА ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ЛИЧНОМ ТРАНСПОРТЕ МЕТОДОМ ПАРНЫХ СРАВНЕНИЙ

(Самарский университет)

В данной работе рассматривается проблема ранжирования объектов, используя информацию об их парном сравнении. В качестве «объектов» и «предпочтений» мы рассматриваем соответственно набор решений и выбор пользователя. Например, в задаче навигации - список маршрутов и маршрут, выбранный пользователем.

Методы парного сравнения первоначально использовались для ранжирования объектов, которые не могут быть описаны вектором признаков (например, организовывать виды фруктов для продажи в магазинах). Результаты таких сравнений обычно определяются матрицей  $(c_{ij})$  [1,2]. Каждый элемент матрицы является абсолютной частотой  $i$ -го объекта над  $j$ -й. Для анализа таких данных в первой половине XX века были предложены две модели: модель Терстоуна [3] и модель Брэдли-Терри [4].

Предлагаемый метод может быть представлен как набор шагов:

- 1) нормализация значений признаков в диапазоне  $[0,1]$ ;
- 2) выбор нового признака пространства (базиса)  $Y$ ;
- 3) преобразование исходного вектора признаков в новое пространство признаков  $Y$  с большей размерностью  $K = \dim(Y) \geq N$ ;
- 4) построение линейного или нелинейного классификатора в пространстве признаков  $Y$ . Восстановление функции полезности (UF) для линейного классификатора и / или функции предпочтения (PF) выполняется автоматически;
- 5) оценка качества классификатора здания по набору данных испытаний;
- 6) если оценка удовлетворительная, прекратить процедуру; в противном случае перейдите к шагам 3 или 2 (если все доступные размеры пространства объектов уже используются).

Предложенный подход схематически изображен на рисунке 1 и обозначен пунктирной линией.

Работоспособность и эффективность предложенного метода были исследованы на задаче определения пользовательских предпочтений при планировании и осуществлении корреспонденций в городе на личном транспорте. В данной задаче пользователю предлагается несколько вариантов осуществления конкретной корреспонденции от точки выезда до точки прибытия, и задача метода заключается в том, чтобы сделать тот же выбор из предлагаемых вариантов корреспонденции, что и пользователь.

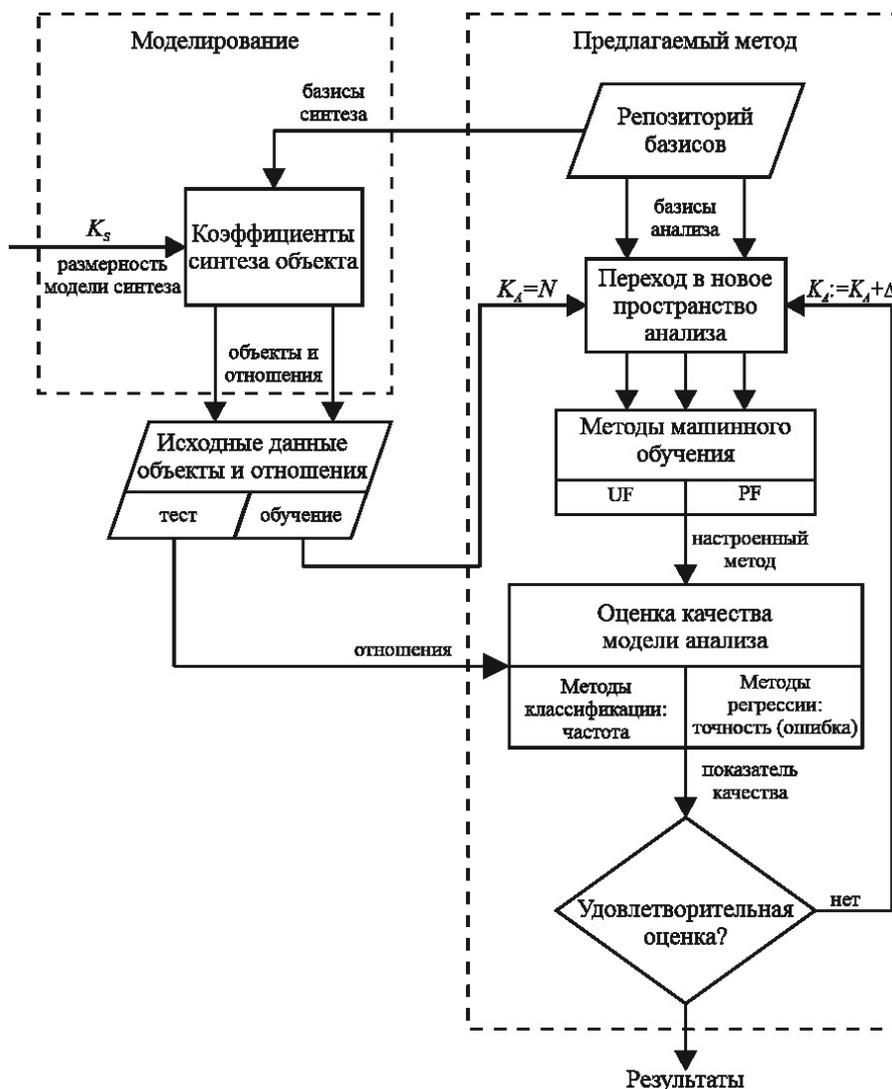


Рис. 1. Схема предлагаемого метода

Эксперимент ставился на данных, полученных от сотрудников кафедры геоинформатики и информационной безопасности Самарского университета, имеющих личный транспорт и ежедневно совершающих поездки по городу Самара на протяжении как минимум трех лет. В проведенном эксперименте каждому из четверых участвующих сотрудников предлагалось не менее 50 раз выбрать один из  $S=5$  автоматически генерируемых путей от некоторой точки А до точки В.

Пример интерфейса работы с пользователем и варианты выбора представлены на рисунке 2. Каждый раз пары точек А и В менялись, повторы исключались. Таким образом, для каждого участника эксперимента формировалась общая выборка из как минимум 50 прецедентов пользовательских решений, которая в дальнейшем использовалась для формирования обучающих и контрольных выборок при кросс-валидации (число случайных разбиений при кросс-валидации выбиралось равным 5 и не зависело от пропорций деления выборки на обучающую и контрольную).



Всего анализировалось четыре варианта разбиения выборки, представленных в таблице 1. Первый из вариантов, при котором в обучающей выборке было всего три принятых пользователем решения, соответствовал ситуации "холодного старта" системы. Очевидно, при числе  $\gamma$  принятых решений количество обучающих пар составляло  $|\Theta| = \gamma(S - 1)$ . Показателем качества работы метода выступала вероятности ошибок в реконструированных предпочтениях в парах.

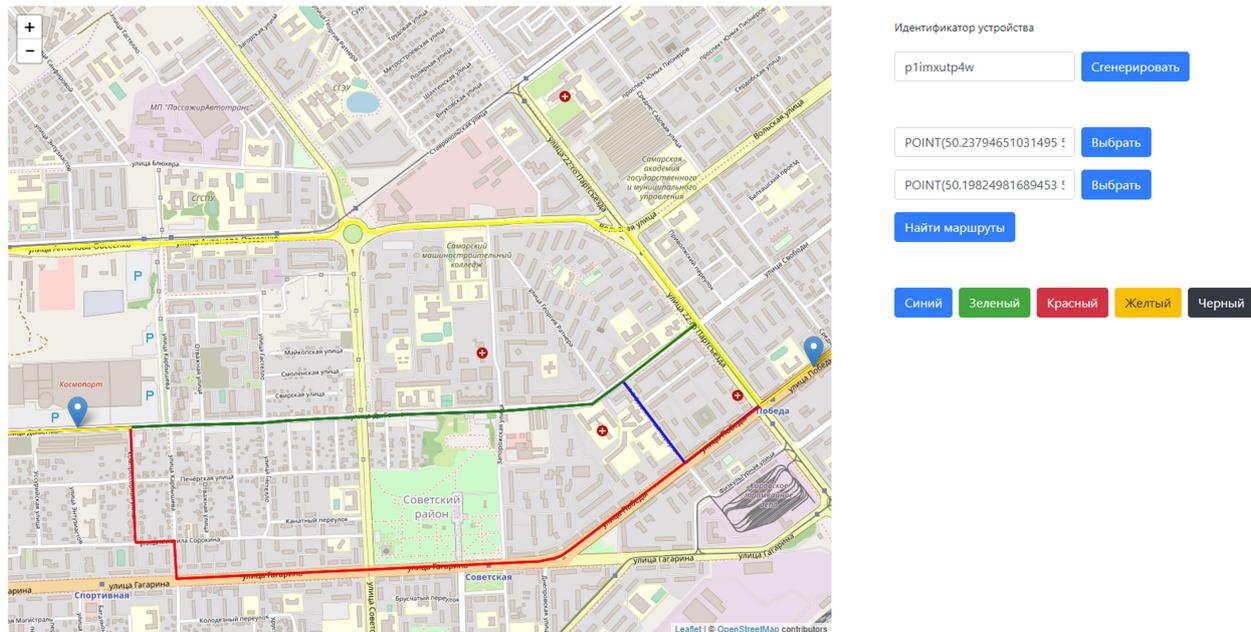


Рис. 2. Пример интерфейса работы с пользователем и варианты выбора

Таблица 1 – Параметры кросс-валидации

Размер обучающей выборки, в количестве принятых решений $\gamma$	Размер контрольной выборки, в количестве принятых решений
3	40
10	40
20	30
30	20

Для описания треков использовались следующие признаки:

- 1) отношение расстояния между А и В по прямой к длине текущего трека;
- 2) отношение длины кратчайшего (по расстоянию) трека к длине текущего трека;
- 3) интенсивность перекрестков на 100м текущего трека (=число перекрестков/(L/100));
- 4) отношение числа поворотов к общему числу перекрестков для текущего трека;



5) отношение числа перекрестков для трека с минимальным их количеством к числу перекрестков на текущем треке;

6) отношение числа левых поворотов на текущем треке к общему числу поворотов на нем;

7) отношение минимального времени движения (с максимально разрешенной скоростью) к оцененному времени движения по текущему треку;

8) отношение оцененного минимального времени движения по кратчайшему (по времени) треку к оцененному времени движения по текущему треку;

9) корень из дисперсии разброса текущих величин скорости на текущем треке по отношению к допустимой максимальной скорости (60 км/ч).

Результаты проведенных исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Зависимость вероятности ошибки  $\tilde{d}$  и размерности пространства анализа  $K_A$  от размеров обучающей выборки

№ user	$\gamma=3$		$\gamma=10$		$\gamma=20$		$\gamma=30$	
	$\tilde{d}$	$K_A$	$\tilde{d}$	$K_A$	$\tilde{d}$	$K_A$	$\tilde{d}$	$K_A$
1	0.205	11	0.198	13	0.200	15	0.181	13
2	0.225	17	0.205	13	0.194	11	0.168	13
3	0.197	15	0.190	13	0.159	13	0.188	13
4	0.245	13	0.235	11	0.172	11	0.219	11
среднее	0.218	14	0.207	12.5	0.181	12.5	0.189	12,5
медиана	0.215	14	0.202	13	0.183	12	0.185	13

Основываясь на полученных результатах можно сделать вывод, что предложенный метод является работоспособным - диапазон ошибок на всех рассматриваемых постановках задачи оказался в диапазоне 0.16-0.25 и качество конструируемого решения на реальных данных ожидаемо выше для больших размеров обучающей выборки.

### Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (уникальный идентификатор проекта RFMEFI57518X0177).

### Литература

1. Fishburn PC. Utility theory for decision making. Wiley; 1970.
2. Fürnkranz J, Hüllermeier E, editors. Preference Learning. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag; 2011. 10.1007/978-3-642-14125-6.
3. Thurstone LL. A law of comparative judgment. Psychological Review 1927; 34: 273–86. 10.1037/h0070288.



4. Bradley RA, Terry ME. Rank Analysis of Incomplete Block Designs: I. The Method of Paired Comparisons. *Biometrika* 1952; 39: 324–45. 10.2307/2334029.

О.К. Головнин

## ПРЕДСКАЗАТЕЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ВЫЯВЛЕНИЯ ВОЗМОЖНЫХ УГРОЗ БЕЗОПАСНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ФЕДЕРАТИВНЫХ ДАННЫХ SMART CITY

(Самарский университет)

Нештатные ситуации, влияющие на нормальное функционирование транспортной системы, остаются ощутимой проблемой как для городских поселений и агломераций, так и для удаленных транспортных районов [1, 2]. Возникновение и развитие нештатной ситуации может привести к нарушению связности территорий, что оказывает непосредственное влияние на безопасность транспортной системы в целом [3, 4]. Развитие интегрирующих систем «Умных городов» (Smart City) позволяет выработать новые решения, направленные на снижение влияния дестабилизирующих факторов на функционирование транспортной системы [5-7].

В работе представлена предсказательная модель и программный комплекс на основе интеллектуального (нейросетевого) анализа наборов геопривязанных данных, порождаемых интегрированными средствами Smart City. Предлагаемые решения предназначены для повышения эффективности выявления возможных угроз безопасности функционирования транспортной системы, при этом рассматриваются только транспортные системы, образованные на основе улично-дорожной сети общего пользования, в пределах которой осуществляется дорожное движение.

Проведено исследование структур данных, используемых в многочисленных системах класса Smart City, которое позволило сформировать требования к характеристикам входных и выходных слоев искусственной нейронной сети, наборам данных для обучения. Данные, поступающие из различных подсистем Smart City, как правило, обладают геопространственной меткой и в совокупности имеют большой объем. Таким образом, обработка наборов данных строится на основе применения геоинформационных технологий и алгоритмов обработки больших данных.

Проведены исследования по формированию наиболее эффективной внутренней структуры используемой нейронной сети, а также выполнена калибровка механизмов предобработки информации.

Разработана предсказательная модель для выявления возможных угроз безопасности функционирования транспортной системы, построенная на основе искусственной нейронной сети с предобработкой больших



геопривязанных данных, отличающаяся от известных тем, что позволяет осуществлять прогнозирование возникновения событий, приводящих к наступлению нештатной ситуации, в сложных условиях с учетом множества факторов.

Экспериментальная апробация предсказательной модели выполнена на общедоступных открытых экспериментальных наборах геопривязанных данных Smart City, представленных в [8].

Выполнена реализация программного комплекса на основе предложенной предсказательной модели для возможности применения результатов работы на практике в задаче обеспечения безопасности дорожного движения при реализации в составе систем класса SmartCity.

На наборах тестовых данных за счет использования предложенной модели достигается повышение доли предсказанных потенциальных ситуаций, которые могут быть предотвращены превентивными мерами, в среднем до 92% от общего числа. Кроме этого, достигается сокращение времени составления прогноза возможных угроз за счет эффективной предобработки в среднем на 84% по сравнению с моделями, использующими комплексные данные множества подсистем.

Ожидается, что разработанный программный комплекс в интеграции с введенными в эксплуатацию подсистемами Smart City позволит повысить безопасность функционирования транспортной системы за счет сокращения количества мест концентрации нештатных ситуаций (снижение аварийности) и обеспечит сокращение экономических и социальных издержек за счет снижения тяжести последствий наступления нештатных ситуаций для участников движения, грузов и инфраструктуры.

### Литература

1 Применение интеллектуальных систем транспортной безопасности в мегаполисах: проблемы и перспективы / И.Г. Малыгин, М.В. Сильников // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. – 2014. – №3-4. – С. 76-82.

2 Транспортная безопасность и система субъектов ее обеспечения / С.М. Зырянов, В.И. Кузнецов // Журнал российского права. – 2012. – №12.

3 Сеть обработки событий для геоинформационной системы в задаче распределенной обработки нештатных ситуаций / О.К. Головнин // Новые информационные технологии в научных исследованиях: материалы всерос. конф. – Рязань: РГРТУ, 2019. – С. 266-268.

4 Нейросетевой анализ данных в задаче прогнозирования риска возникновения причин дорожно-транспортных происшествий / О.К. Головнин, Е.В. Сидорова // Перспективные информационные технологии: труды междунар. конф. – Самара: СНЦ РАН, 2019. – С. 435-437.

5 Системный анализ и моделирование объектов, процессов и явлений транспортной инфраструктуры в технических системах управления движением / О.К. Головнин // Известия Самарского научного центра Российской академии



наук. – 2018. – Т. 20, № 6(2). – С. 301-310.

6 Опасность и безопасность транспортных процессов / А.М. Якупов // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2013. – № 4.

7 SMART CITY: Теории и практики создания умного города / А.С. Королев // Управление городом: теория и практика. – 2015. – № 4. – С. 19-23.

8 CityPulse Smart City Datasets. URL:  
<http://iot.ee.surrey.ac.uk:8080/datasets.html>.

О.К. Головнин, В.Д. Мавлютов

## АРХИТЕКТУРНАЯ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛИ ТРЕХКОНТУРНОЙ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

(Самарский университет)

Разработка бытовых инерциальных навигационных систем (ИНС), традиционно применяемых в дорогостоящей технике ввиду своей сложности, в настоящее время может быть выполнена с использованием устройств, встраиваемых в современный смартфон [1–3]. Основным преимуществом ИНС при использовании в смартфонах является ее автономность, то есть возможность определять пространственное положение в условиях отсутствия спутникового сигнала GPS/ГЛОНАСС, что актуально в условиях плотной городской застройки или внутри помещений масштабных торгово-развлекательных центров [4, 5].

В настоящей работе предлагается трехконтурный подход к построению ИНС, интегрирующей данные акселерометра [6], гироскопа [7] и магнитометра [8] мобильных устройств (смартфонов, планшетов, ноутбуков и др.).

Разработанная архитектурная модель реализуемой ИНС представлена на рисунке 1.

Первый контур представляет собой аппаратное обеспечение системы и обеспечивает сбор исходных данных и их предобработку. Второй контур обеспечивает определение пространственного положения за счет обработки данных цифровыми вычислителями (процессорами). Третий контур представляет данные в виде пространственного положения во времени через механизм API, что позволяет на его основе строить различные приложения для мобильных устройств.

Сформируем математическую модель ИНС следующим образом. Данные, получаемые с помощью акселерометра, а именно ускорение по трем осям, представим в виде множества:

$$G = \{\{g(X), g(Y), g(Z)\}\},$$



где  $g_i$  – точка одного измерения в пространстве,  $g_i \in G$ .

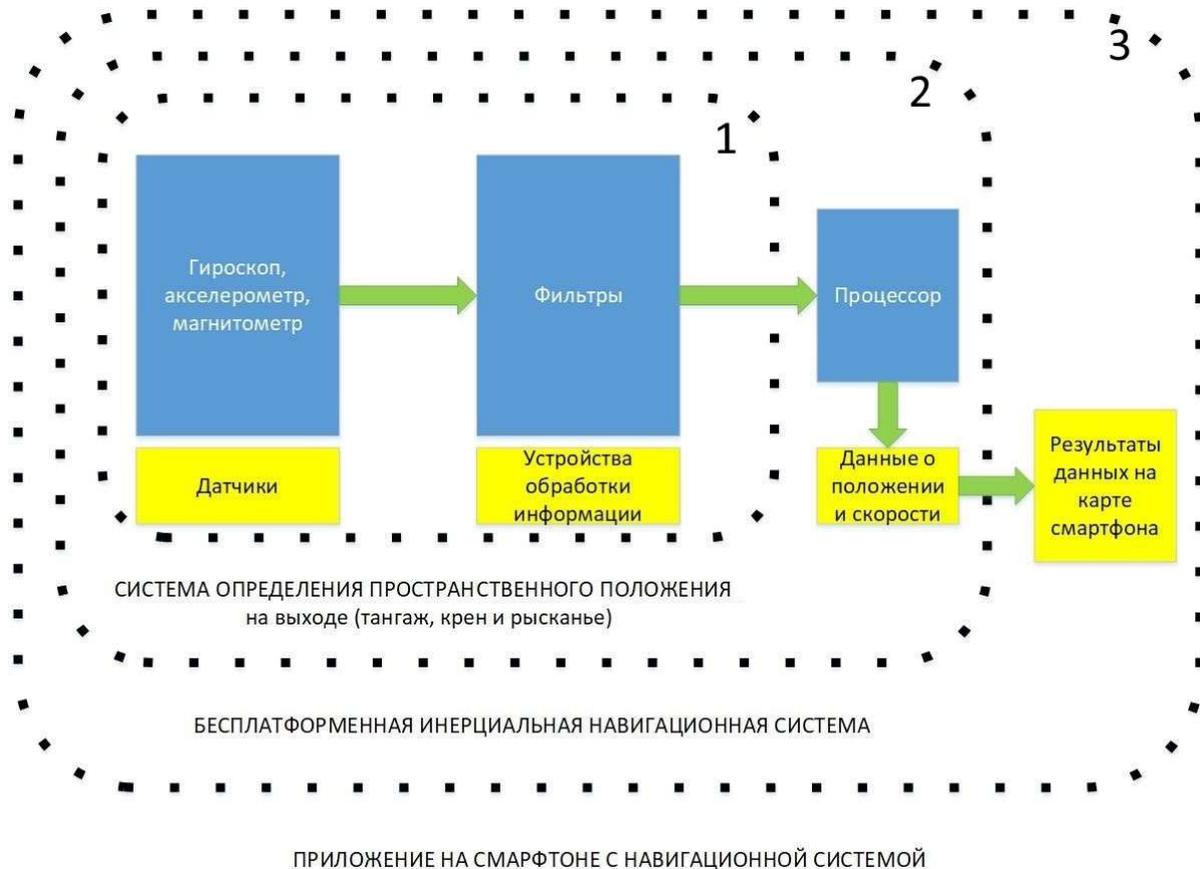


Рис. 1. Архитектурная модель ИНС

Данные, представляющие момент вращения ротора при изменении направления оси, определяемый гироскопом мобильного устройства, представим множеством:

$$M = \{m(X), m(Y), m(Z)\},$$

где  $m_i$  – измерение угловой скорости относительно оси симметрии,  $m_i \in M$ .

Данные, получаемые с помощью магнитометра, представим множеством:

$$T = \{t(X), t(Y), t(Z)\},$$

где  $t_i$  – индукция магнитного поля Земли в точке измерения,  $t_i \in T$ .

Результат обработки данных представим множеством точек  $p_i \in P$  в пространстве координат WGS-84:

$$p_i = (lt, lg),$$

где  $lt$  – это широта;



$lg$  – долгота.

Применим следующий подход к определению пройденного пути [9]: если ускорение известно, то после его интегрирования получим скорость, а после интегрирования скорости получим пройденное расстояние. Пусть  $a_N$  и  $a_E$  – ускорения по направлениям на север и восток,  $W_N$  и  $W_E$  – составляющие путевой скорости,  $S_N$  и  $S_E$  – пройденные расстояния по этим же направлениям. Тогда:

$$W_N = \int_0^t a_N dt; \quad W_E = \int_0^t a_E dt;$$
$$S_N = \int_0^t W_N dt; \quad S_E = \int_0^t W_E dt.$$

Примем следующее допущение: пусть поверхность Земли представляет собой сферу. Тогда широта  $\varphi$  и долгота  $\lambda$  (в радианах) могут быть определены как:

$$lt = lt_0 + \frac{1}{R} \int_0^t W_N dt; \quad lg = lg_0 + \frac{1}{R} \int_0^t \frac{W_N}{\cos(lt)} dt,$$

где  $R$  – радиус Земли,

$lt_0, lg_0$  – начальные координаты, получаемые с магнитометра.

Таким образом, предлагаемый подход позволит осуществлять автономную инерциальную навигацию в случаях, когда другие виды навигации недоступны. Последующая работа будет направлена на повышение точности навигации и сокращение влияния непреднамеренных перемещений устройства на конечный результат.

### Литература

1 О возможности использования смартфонов для навигации внутри помещений / Б.В. Кошелев, Н.А. Карагин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2017. – №9-2. – С. 131-140.

2 Применимость инерциальных систем навигации в мобильных устройствах / Н.А. Бутаков // International Journal of Open Information Technologies. – 2014. – Т. 2. – № 5. – С. 24-31.

3 Система преобразования пространственных данных навигационных устройств / В.А. Ключников, Л.А. Ключников, А.В. Сидоров, О.К. Головнин // Новые информационные технологии в научных исследованиях и в образовании: материалы всерос. конф. – Рязань: РГРТУ, 2014. – С. 243-244.

4 Формирование требований к бесплатформенной инерциальной навигационной системе на основе аппаратных и программных средств смартфона [Электронный ресурс] / В.Д. Мавлютов, О.К. Головнин // Математика. Компьютер.



Образование: тезисы докладов междунар. конф. – URL: <http://www.mce.su/rus/archive/abstracts/mce27/doc346396/>.

5 Автоматизированная система исследования транспортных путей / О.К. Головнин, А.Г. Паульс // Перспективные информационные технологии: труды междунар. конф. – Самара: СНЦ РАН, 2017. – С. 622-625.

6 Как работает акселерометр? Взаимодействие ADXL335 с Arduino [Электронный ресурс] // Radio Prog. – URL: <https://radioprogram.ru/post/751>.

7 MEMS-акселерометры и гироскопы – разбираемся в спецификации [Электронный ресурс] // Хабр. – URL: <https://habr.com/ru/post/431566/>.

8 Магнитометры: принцип действия, компенсация ошибок [Электронный ресурс] / М. Русских // РадиоЛоцман. – 2012. – URL: <https://www.rlocman.ru/review/article.html?di=143960>.

9 Инерциальные навигационные системы. Принцип инерциального счисления пути [Электронный ресурс] // lektsii.org. – URL: <https://lektsii.org/18-56017.html>.

А.А. Еличкина, А.П. Котенко

## ПОСТРОЕНИЕ МНОЖЕСТВА ОПТИМАЛЬНЫХ МАРШРУТОВ НА ГРАФЕ С МУЛЬТИРАЗМЕТКОЙ РЁБЕР

(Самарский государственный технический университет)

Рассмотрим связный неориентированный граф  $G(V,R)$  с неотрицательными разметками вершин и их пар

$$m_1 : V \rightarrow \mathbb{R}^+, m_2 : V \times V \rightarrow \mathbb{R}^+, V := \{v_i\}_{i=1}^{|V| \geq 2}$$

и неотрицательной мультиразметкой рёбер

$$\vec{d}(d_1, \dots, d_m) : R \rightarrow \mathbb{R}^+ \times \dots \times \mathbb{R}^+, R := \{r_i\}_{i=1}^{|R| \geq 1}.$$

В задаче транспортной логистики  $m_1(u)$  – текущий запас однородного груза в вершине  $u$ ,  $m_2(u, v)$  – количество груза для доставки из вершины  $u$  в вершину  $v$ ,  $d_1(r)$  – цена перевозки единицы груза по ребру  $r$ ,  $d_2(r)$  – пропускная способность ребра  $r$ . Если груз взаимозаменяемый, то можно часть груза не вывозить из вершины, если её придётся компенсировать доставкой груза из другой вершины. Минимизируется сумма расходов на доставку всего груза по назначению с учётом пропускной способности рёбер.

Рассмотрим симметрические матрицы [1]:

$$A := \|a_{ij}\|_{i,j=1}^{|V|} \text{ – смежности вершин;}$$

$$B := \|b_{ij}\|_{i,j=1}^{|V|} \text{ – оптимальных расстояний } b_{ij} \in \mathbb{R}^+ \text{ между вершинами } v_i, v_j;$$



$C := \|c_{ij}\|_{i,j=1}^{|V|}$  – упорядоченных по неубыванию расходов  $|e_{ij}^{(s)}|$  списков маршрутов  $c_{ij} := (e_{ij}^{(0)}, e_{ij}^{(1)}, e_{ij}^{(2)}, \dots)_{i,j=1}^{|V|}$  между соответствующими вершинами.

Здесь  $|e_{ij}^{(s)}| := \sum_{r \in e_{ij}^{(s)}} d_1(r)$  – цена перевозки единицы груза по маршруту

$$e_{ij}^{(s)} := v_i \rightarrow \dots \rightarrow v_j; i, j \in \overline{1, |V|},$$

пропускной способности  $\|e_{ij}^{(k)}\| := \min_{r \in e_{ij}^{(k)}} \min_{2 \leq l \leq m} d_2(r)$ .

Поставим задачу линейного программирования [2]:

- 1)  $0 \leq x_{ij} \leq \|e_{ij}^{(0)}\|; i, j \in \overline{1, |V|}$  – ограничение пропускной способности оптимального маршрута;
- 2)  $\sum_{j=1}^{|V|} (x_{ij} - x_{ji}) \leq m_1(v_i); i \in \overline{1, |V|}$  – ограничение количества готового к вывозу груза в каждой вершине;
- 3)  $\sum_{j=1}^{|V|} x_{ij} \leq \sum_{j=1}^{|V|} m_2(v_i, v_j); i \in \overline{1, |V|}$  – ограничение количества заказа на вывоз груза из каждой вершины;
- 4)  $\sum_{i,j=1}^{|V|} x_{ij} |e_{ij}^{(0)}| \rightarrow \min$  – критерий оптимальности.

Здесь  $x_{ij}$  – количество груза, перевозимого из пункта отправления  $v_i$  в пункт назначения  $v_j$  по оптимальному маршруту  $e_{ij}^{(0)}$ .

Эта задача линейного программирования имеет решение при достаточной пропускной способности рёбер графа  $G(V, R)$ . Если весь груз перевезён, то она решена с использованием лишь оптимальных маршрутов  $e_{ij}^{(0)}$ . Если же их суммарной пропускной способности не хватило, то заменим граф  $G(V, R)$ :

1. Удалим рёбра, насыщенные найденным потоком грузов  $x_{ij}$ :

$$d_2(r(v_i, v_j)) - x_{ij} = 0.$$

2. Удалим изолированные вершины, если таковые образуются в результате выполнения пункта 1. [2]

3. Пересчитаем остаток недоставленных грузов в каждой вершине и по каждому ребру, оставшихся после выполнения пунктов 1 и 2:

$$m_1(v_i) := m_1(v_i) + \sum_{j=1}^{|V|} (x_{ij} - x_{ji}); m_2(v_i, v_j) := m_2(v_i, v_j) - x_{ij} \geq 0.$$

4. Пересчитаем пропускные способности рёбер, оставшихся после удаления в пункте 1:

$$d_2(r(v_i, v_j)) := d_2(r(v_i, v_j)) - x_{ij} > 0.$$



Пересчитаем матрицы  $A$ ,  $B$ ,  $C$  и решим заново задачу линейного программирования. Матрица  $C$  трансформируется удалением (суб)оптимальных маршрутов, содержащих удалённые рёбра. Алгоритм повторяем циклически до завершения перевозки всего груза в пункты назначения.

Пример приложения алгоритма – оптимизация компоновки железнодорожных составов. Она характерна невозможностью обеспечить оптимальную компоновку составов объединением вагонов с одинаковыми пунктами отправления и назначения. Это влечёт необходимость поиска решения на множестве не только оптимальных, но и субоптимальных маршрутов.

### Литература

1. Котенко А.П. Матричный алгоритм Беллмана–Мура / А.П. Котенко // Управление организационно-экономическими системами: моделирование взаимодействий, принятие решений. – Самара: Самарский национальный исследовательский университет, 2013. – т.10. – С.33–37.

2. Докучаев А.В. Свойства графов задач сетевого планирования и управления / А.В. Докучаев, А.П. Котенко // Вестник СамГТУ. Серия: Физико-математические науки. – Самара: Самарский государственный технический университет, 2010. – №5(21). – С.204–211.

А.Г. Исайчева, В.Б. Тепляков, Д.А. Шашин, И.С. Яшин, М.В. Башаркин

### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА МОНИТОРИНГА АСИММЕТРИИ ТЯГОВОГО ТОКА

(Самарский государственный университет путей сообщения)

На электрифицированных участках железных дорог существуют проблемы, влияющие на безотказную работу рельсовых цепей. Одной из таких проблем является асимметрия тягового тока, протекающего в тяговой рельсовой сети, которая возникает из-за неравенства токов в рельсовых нитях [1-3].

В соответствии со стратегией развития ОАО «РЖД» на период до 2030 года одними из основных задач развития перевозочного и логистического бизнеса холдинга являются повышение конкурентоспособности на рынке грузовых перевозок, а также увеличение транзитных перевозок грузов в 2-3 раза. Для достижения поставленных целей необходимо увеличивать длину и массу поездов, что в свою очередь приводит к повышению тяговых токов. Пропуск тяжеловесных поездов требует соответствующей инфраструктуры в области автоматики и телемеханики. Повышенные токи при нарушении содержания тяговой рельсовой сети приводят не только к отказам РЦ, но и к разрушительным последствиям (рис. 1).



В связи с этим необходимо снизить инфраструктурные ограничения для роста объемов и качества перевозок. Для решения этой задачи необходимо анализировать параметры тягового тока.

В СамГУПС апробировано информационно-измерительно устройство (УМ-ТТ), позволяющее производить мониторинг асимметрии и величины тягового тока, протекающего в рельсовых нитях [4, 5].



Рис. 1. Последствия воздействия повышенных токов на тяговую рельсовую сеть

Исследования проводились на участках Куйбышевской железной дороги - филиал ОАО «РЖД» с электротягой постоянного тока.

Авторами проведены опытные напольные измерения тяговых токов в рельсовых нитях на участках железных дорог переменного тока. УМ-ТТ дополнено соответствующими элементами (рис. 2), с доработкой программного обеспечения (рис. 3). УМ-ТТ 2 позволяет обрабатывать результаты измерений как при электротяге переменного, так и постоянного тока, выводить на монитор экрана величину асимметрии превышающую нормативную.

В комплект УМ-ТТ 2 входят датчики тока, которые представляют собой прецизионные интегральные преобразователи НОР-500 SB/SP1 с коэффициентом преобразования  $K_n = 8$  мВ/А и прямолинейной зависимостью величины напряжения от тока, позволяющие проводить измерение тока величиной до 500 А. Датчики тока устанавливаются на дроссельные перемычки дроссель-трансформатора. При измерении на участках с электротягой переменного тока с выхода преобразователей НОР-500 SB/SP1 выходит сигнал переменного напряжения  $\pm 4$  В, который поступает на выпрямительное устройство, исполненное на микросхемах TL072. Преимущество выпрямителей на микросхемах в сравнении с диодами заключается в высоком КПД, благодаря чему уровень сигнала имеет минимальные потери, которые программно учтены в микроконтроллере Arduino UNO, при измерении на участках с электротягой постоянного тока необходимо подключить разъемы виброустойчивых контактов минуя выпрямительное устройство. Далее сигнал с выхода выпрямителя поступает в микроконтроллер Arduino UNO, после чего с помощью беспроводной сети Wi-Fi по протоколу TCP/IP информация поступает в ноутбук (обеспечивается посредством платы NodeMCU V3).



Поступившая информация обрабатывается в программе, разработанной в среде разработки LabVIEW. При этом на мониторе строятся графики зависимости величины тока от времени в реальном времени, выводятся величины токов (рис. 4, 5), протекающих в перемычках дроссель-трансформатора, а также величина коэффициента асимметрии.

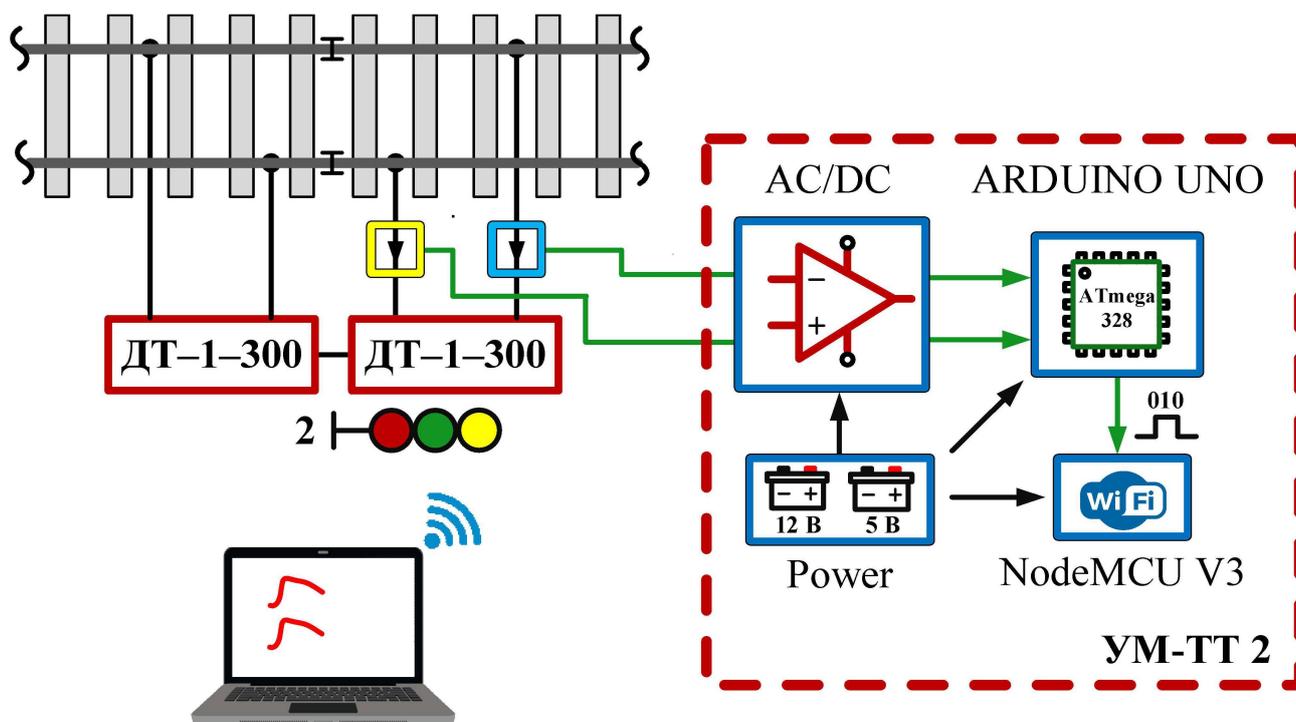


Рис. 2. Функциональная схема устройства УМ-ТТ 2: AC/DC - выпрямитель на усилителях TL 072; ARDUINO UNO - микроконтроллер на ATmega328; NodeMCU V3 - модуль Wi-Fi; Power - источник питания;  $D_1, D_2$  - датчики тока НОР-500 SB/SP;  $\sim U_1, \sim U_2$  - переменное напряжение с выхода датчиков;  $\overline{U}_{\text{ВЫХ.1}}, \overline{U}_{\text{ВЫХ.2}}$  - постоянное напряжение с выхода выпрямителя

Интерфейс программы предусматривает индикатор асимметрии, изменяющий цвет при превышении коэффициента асимметрии более 4 % при электротяге переменного тока, и более 6 % при электротяге постоянного тока (система электротяги выбирается с помощью переключателя в интерфейсе программы). При нажатии кнопки СТОП процесс измерения останавливается и сохраняется отчет в файл Microsoft Excel, где происходит дальнейшая обработка информации.

Устройство как метод оперативной диагностики позволяет оценить состояние рельсовой линии и величину асимметрии тяговых токов во времени.

Влияние асимметрии обратного тягового тока на работоспособность аппаратуры РЦ снижается путем поддержания в исправном состоянии сборных токопроводящих рельсовых стыков и рельсовых соединителей [6] или путем замены дроссель-трансформаторов. Беспроводная сеть передачи данных



позволяет повысить безопасность и удобство измерения благодаря возможности находиться на расстоянии от железнодорожных путей, а также является экономически эффективнее применения кабельных сетей.

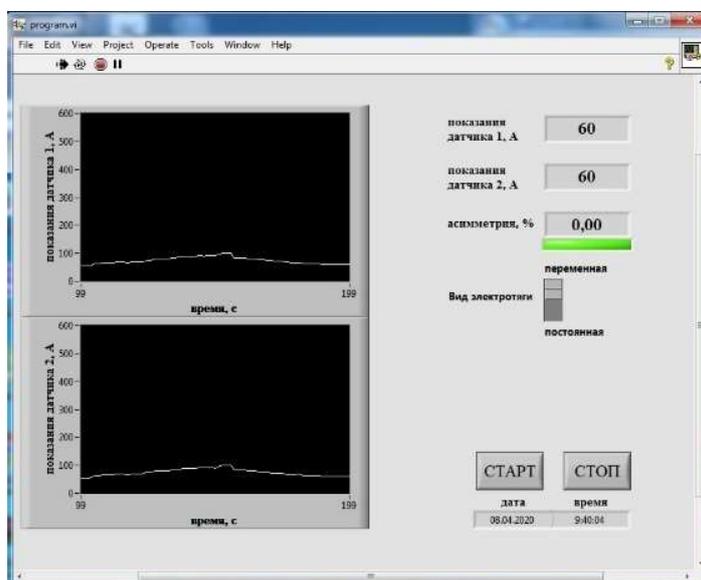


Рис. 3. Интерфейс программы



Рис. 4. Апробация устройства

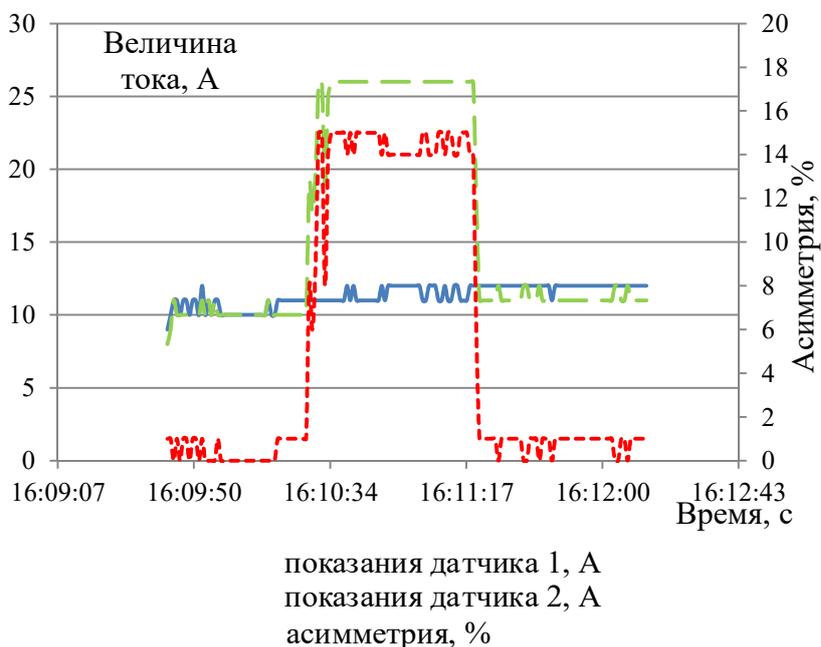


Рис. 5. Графики измерения тяговых токов и выявление асимметрии, превышающей 4%

Устройство возможно использовать не только как мобильную систему диагностики и мониторинга автономной работы до 24-х часов, но и как стационарную, при этом необходимо обеспечить бесперебойное питание датчиков двухполярным напряжением со средней точкой  $\pm 12$  В и плат микроконтроллеров неполярным напряжением 12 В.



### Литература

1. Кириленко А.Г., Кузнецов Ю.В., Фоминов Д.А. Исследование работы рельсовых цепей на участках с тяжеловесным движением // Автоматика, связь, информатика. 2012. № 10. С. 14 – 17.
2. Шаманов В.И. Динамика асимметрии переменного тягового тока в рельсовых линиях на двухпутных перегонах / Шаманов В.И. // Электротехника. 2016. №10. С. 74 – 79.
3. Бушуев А.В. Рельсовые цепи: теоретические основы и эксплуатация : монография / А.В. Бушуев, В.И. Бушуев, С.В. Бушуев. – Екатеринбург : Изд-во УрГУПС, 2014. – 311 с.
4. Исайчева А.Г. К вопросу мониторинга асимметрии тягового тока / А.Г. Исайчева, В.Г. Волик, М.В. Башаркин И.С. Яшин, А.С. Белоногов // Наука и образование транспорту : материалы XII Международной научно-практической конференции (2019, Самара). Международная научно-практическая конференция «Наука и образование транспорту», 2019 г. Том 1 / редкол.: И. К. Андрончев [и др.] – Самара : СамГУПС, 2019. С. 324 – 326.
5. Исайчева А.Г. Применение информационно-измерительного устройства мониторинга асимметрии тягового тока в рельсовой линии / А.Г. Исайчева, В. Б. Тепляков, М. В. Башаркин, Л. В. Корытин // Вестник транспорта Поволжья. 2019. - № 5 (77). С. 71 – 77.
6. Андрончев И.К. Влияние неисправного состояния сборных токопроводящих стыков на работу рельсовых цепей / И. К. Андрончев, Е. М. Тарасов, А. Г. Исайчева, В. Б. Тепляков, А. А. Булатов // Вестник транспорта Поволжья. 2018. - № 6 (72). С. 40 – 45.

Д.С. Климова

### ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМА RANDOM FOREST В ПРОГНОЗИРОВАНИИ ДОРОЖНОГО ТРАФИКА НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА САМАРА

(Самарский университет)

Предоставление информации о загруженности автобусной сети играет важную роль в процессе повышения эффективности системы общественного транспорта и является одной из приоритетных задач в изучении управления пассажирским автотранспортом.

Большинство муниципальных и коммерческих автобусов оснащены системой GPS, что позволяет в режиме реального времени собирать и сохранять данные о времени и местонахождении транспортного средства на маршрутной линии. Эти данные отражают структуру трафика пассажирских перевозок и могут использоваться для различного рода прогностических исследований.



В статье «Online Traffic Congestion Prediction Based on Random Forest»[1] авторы описали свой опыт прогнозирования дорожных заторов на основе GPS-данных. Исследование показало, что применение алгоритма Random Forest для данной цели повышает точность прогнозов, и метод в целом является более стабильным по сравнению с такими алгоритмами, как модель авторегрессии скользящего среднего (ARMA), прогностическая модель нейронной сети, метод опорных векторов и модель непараметрического регрессионного прогнозирования.

В настоящем исследовании рассматривается применение алгоритма Random Forest для прогнозирования времени прибытия автобуса на следующие остановки. В эксперименте используются данные за период с 1 февраля 2020 года по 15 марта 2020 года, предоставляемые Интернет-порталом Транспортного оператора Самары [2]. Данные включают идентификатор GPS, идентификатор маршрута следования, отметку о времени и местоположении автобуса (географические широта и долгота). Записи сохраняются каждые 20 секунд, всего исследуется 62 маршрута.

Обработка данных состоит в нахождении пройденного расстояния, затраченного времени в пути и средней скорости по двум последовательным записям GPS для каждого автобуса. Для нахождения расстояния используется формула гаверсинусов:

$$\Delta\delta = 2\arcsin\left\{\sqrt{\sin^2\left(\frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2}\right) + \cos\varphi_1 \cos\varphi_2 \sin^2\left(\frac{\Delta\lambda}{2}\right)}\right\}, (1)$$

где  $\varphi_i$  - широта двух точек в радианах,  $\Delta\lambda$  - разница координат по долготе,  $\Delta\delta$  – угловая разница.

Для перевода углового расстояния в метрическое, нужно угловую разницу умножить на радиус Земли (6372795 метров), единицы конечного расстояния будут равны единицам, в которых выражен радиус (в данном случае - метры) [3].

На рисунке 1 проиллюстрировано распределение средней скорости пассажирского транспорта за выбранный период. Перекос графика влево объясняется дорожными заторами.

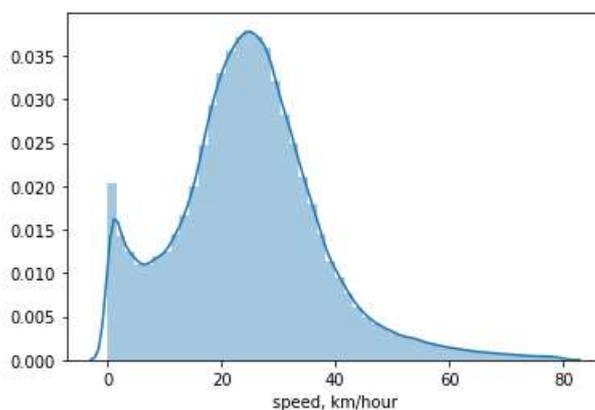


Рис. 1. Распределение средней скорости



После подготовки набора данных осуществляется создание и обучение модели при помощи библиотеки Scikit-learn языка программирования Python. Наилучший результат отмечается при использовании параметра «количество деревьев» равным 1000.

При таком варианте значение средней абсолютной ошибки (mae) равно 25,12. На рисунке 2 изображен график, построенный по набору данных за 2 февраля с полученными прогнозами. График показывает, что модель имеет тенденцию к занижению прогнозируемых величин.

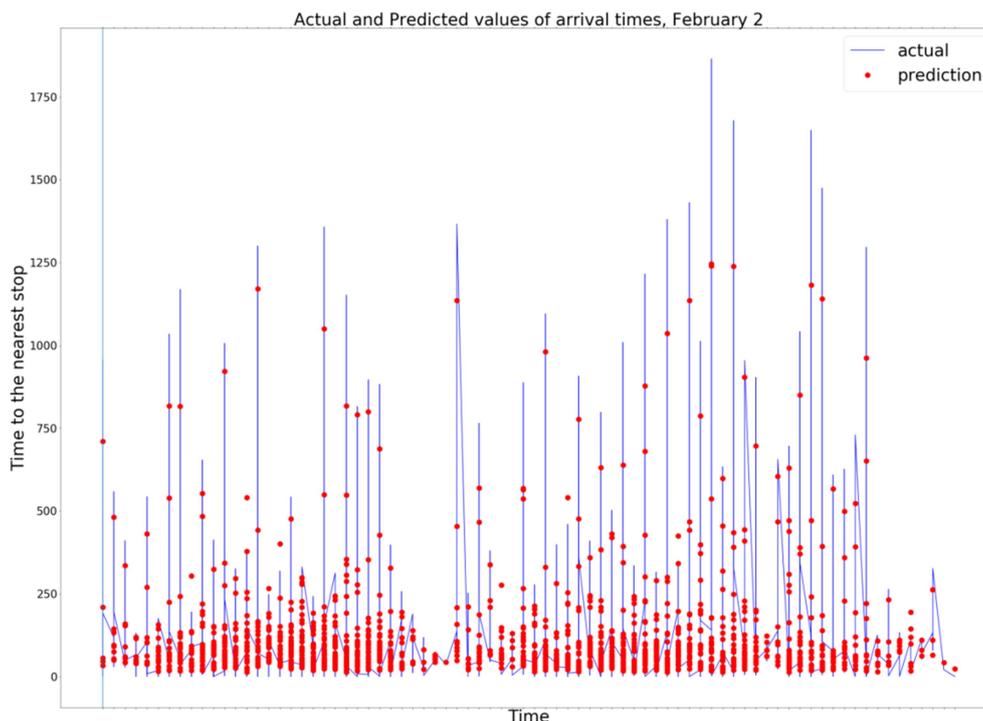


Рис. 2. Полученные прогнозы

Таким образом, реализована модель прогнозирования дорожного трафика пассажирских транспортных средств. В среднем, модель ошибается на 25,12 секунд, что является приемлемым результатом.

### Литература

1. Xiao Han Online Traffic Congestion Prediction Based on Random Forest / Xiao Han, Yijie Shi // 2015 4th International Conference on Mechatronics, Materials, Chemistry and Computer Engineering. - Paris : Atlantis Press, 2015. - P. 2683-2689.
2. Программные интерфейсы (API) // Транспортный оператор Самары URL: <https://tosamara.ru/api/> (дата обращения: 08.04.2020).
3. Learning transportation mode from raw gps data for geographic applications on the web / Yu Zheng, Like Liu, Longhao Wang, Xing Xie // Proceedings of the 17th international conference on World Wide Web. - New York : ACM, 2008. - P. 247-256.



С.В. Михеев, Е.В. Чекина, Т.И. Михеева

## ЦИФРОВАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ СЕТЕЦЕНТРИЧЕСКОГО ГЕОПРОСТРАНСТВЕННОГО ЗОНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРОЙ

(Самарский университет)

В качестве цифровой визуализации геообъектов транспортной инфраструктуры на интерактивной электронной карте в среде интеллектуальной транспортной геоинформационной системы «ITSGIS» рассматривается задача сетецентрического геопространственного зонирования и управления транспортными процессами и геообъектами транспортной инфраструктуры. В рамках спроектированной системы поддержки принятия решения при управлении транспортной инфраструктурой в локальных зонах координированного управления [1, 2, 3] используются методы управления транспортными объектами, процессами и методика проведения имитационного эксперимента, рассмотренные в статье.

Описываемая в статье интеллектуальная транспортная геоинформационная система «ITSGIS», используемая в городах Российской Федерации, отличается наличием развитых средств поддержки имитационной среды, обеспечивающих простоту модификации и расширение спектра исследовательских задач на основе паттернов, нейронных сетей, отличается использованием интерактивной электронной карты.

Сетецентрическая модель  $M_{Network\_Centric}$  системы управления транспортной инфраструктурой ITSGIS основана на принципах распределенности объектов и зональности управления. Модель сетецентрического управления является основой системы поддержки процессов принятия решений при сетецентрическом управлении объектами, зонами и самой транспортной инфраструктурой – модель формализованного синтеза сетецентрического управления. Семантика свойств сетецентрической модели: самоорганизация, открытость, слабая иерархия в контуре принятия решений и способность порождать цели внутри себя, мультиагентность. Модели объектов транспортной инфраструктуры взаимодействуют в едином информационном пространстве [4, 5]. Сетецентрическим принципом управления является построение зон управления, предназначенных для принятия управленческих решений и обмена информацией между зональными центрами управления (рисунок 1).

В рамках сетецентрического управления решены задачи стратифицированного зонального управления транспортными процессами: локальное управление на перегоне и перекрестке, координированное управление на магистралях с выработкой управляющих воздействий для различных типов зонирования транспортной инфраструктуры [6, 7, 8, 9].

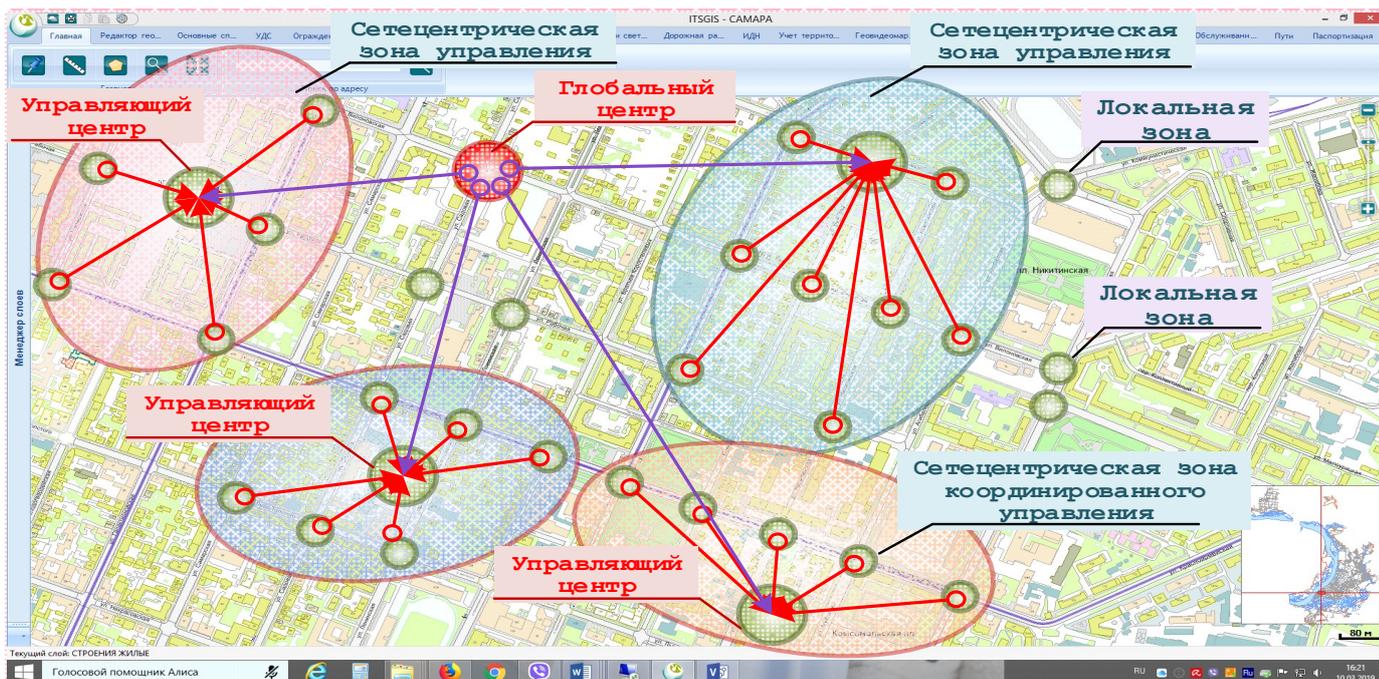


Рис. 1. Сетецентрическое геопространственное зонирование и управление через управляющие центры

Повышение адекватности модели управления транспортной инфраструктурой регламентируется пространственно-координированной привязкой объектов, процессов, сетецентрических зон управления [10, 11, 12]. Хранение, манипулирование, анализ геопространственных и семантических данных моделей может с высокой степенью эффективности осуществляться в среде интеллектуальной транспортной геоинформационной системы, обеспечивающей принятие оптимального решения при построении геоинформационной модели инфраструктуры урбанизированной территории, актуализирующей изменения транспортной инфраструктурой в реальном масштабе времени.

В процессе поддержки принятия решения при управлении транспортной инфраструктурой, основанном на сетецентрическом принципе, подразумевается синтез и декомпозиция зон управления, в которых происходит обмен текущей дополненной реальности информацией между классами объектов, наполняющих данную зону управления  $\tilde{A}$ . Объекты, дислоцированные в зоне, могут получать данные о целях и процессах, в которых участвуют объекты, и процессах других зон, опосредованно влияющих друг на друга.

Функционал зоны управления  $\tilde{A}$  определён как:  $\tilde{A} = f(\tilde{A}^\alpha, \tilde{A}^r, \tilde{A}^f, \tilde{A}^s)$ , где  $\tilde{A}^\alpha$  – семантическая,  $\tilde{A}^r$  – геопространственная,  $\tilde{A}^f$  – функциональная,  $\tilde{A}^s$  – знаковая зоны управления.

Семантическая декомпозиция декларирует формирование зоны  $\tilde{A}^\alpha$  на основе семантики объектов, дислоцированных в зоне исследования, и основана на идентичности зон, согласно величине влияния, оказываемого исследуемым объектом на другие анализируемые объекты этого или других классов.



Семантическая декомпозиция позволяет синтезировать тематические слои электронной карты геоинформационной системы, отображающей статические объекты и динамические процессы, основываясь на принятых решениях системы. Тематические слои, собранные из групп объектов одного класса, объединены по тематической семантике. Декомпозиция, основанная на соответствующих паттернах семантического зонирования  $Pattern \Rightarrow PA\_Zone$ , предполагает кластеризацию объектов по принципу однородности согласно признаку, характеризующему объект класса, например, по его дислокации на территории зоны, по его семантике. Объекты класса «Трасса», «Тротуар», «Тропинка» попадут в кластер и обобщатся новым классом – «Транспортная\_сеть». Семантическая декомпозиция основана на ограничениях, регламентируемых имманентными свойствами объектов классов.

Геопространственная декомпозиция основана на семантике распределённости объектов по принципу топологической однородности, характеризующей пространственные атрибуты объекта, дислоцированных в управляющей зоне  $\tilde{A}^r$ . Геопространственная топологическая декомпозиция, основанная на паттернах геопространственного зонирования  $Pattern \Rightarrow PGeo\_Zona$ , предполагает кластеризацию объектов по принципу однородности согласно признаку, характеризующему объект класса, дислоцированного на электронной карте.

Функциональная декомпозиция регламентирует функциональную идентичность объектов, характеризующую вид функции влияния семантики объекта на выбор плагина управления транспортной инфраструктурой в заданной зоне  $\tilde{A}^f$ . Декомпозиция по этому признаку определяет локальное, координированное или системное управление.

Среди задач, возникающих в зоне управления, самыми распространенными являются задачи мониторинга характеристик объектов транспортной инфраструктуры:

- изменение ширины проезжей части, анализ качества дорожного полотна, геометрические параметры трасс и др.;
- дислокация технических средств управления транспортными объектами и процессами;
- обнаружение инцидентов, ДТП, очагов аварийности, нарушение функционирования коммунальных объектов и др.;
- параметры движения транспортных средств: движение на запрещающий сигнал светофора, нарушение скоростного режима, пересечение стоп-линий, запрещающих линий разметки и др.

Описываемая интеллектуальная транспортная геоинформационная система «ITSGIS» позволяет решать задачи цифровой визуализации геообъектов сетецентрического управления, пространственный анализ [13, 14]. Большое внимание уделено паспортизации автодорог, объектом исследования в данной задаче является технический учет и паспортизация транспортной сети, которая включает в себя характеристики дорог, тротуаров, знаков и т.п.,



подлежащих техническому учету. Транспортная сеть на интерактивной электронной карте в среде интеллектуальной транспортной геоинформационной системы «ITSGIS» включает в себя совокупность различного типа улиц, дорог, тротуаров, дорожных сооружений, пригодных по своему техническому состоянию для движения подвижного состава автомобильного транспорта, технических средств организации дорожного движения. Сбор информации об объектах транспортной сети может быть выполнен с использованием беспилотного летательного аппарата, осуществляющего фото- и видеосъемку местности для последующего анализа информации, оцифровки и визуализации на электронной карте (рисунок 2).

«ITSGIS» основана на цифровой геовизуализации сетецентрического управления, т.е. на современной информационной технологии, которая объединяет возможность взаимодействия разнообразных геообъектов с базой данных, включая транспортную инфраструктуру, с визуализацией данных на тематических слоях интерактивной географической электронной карты.

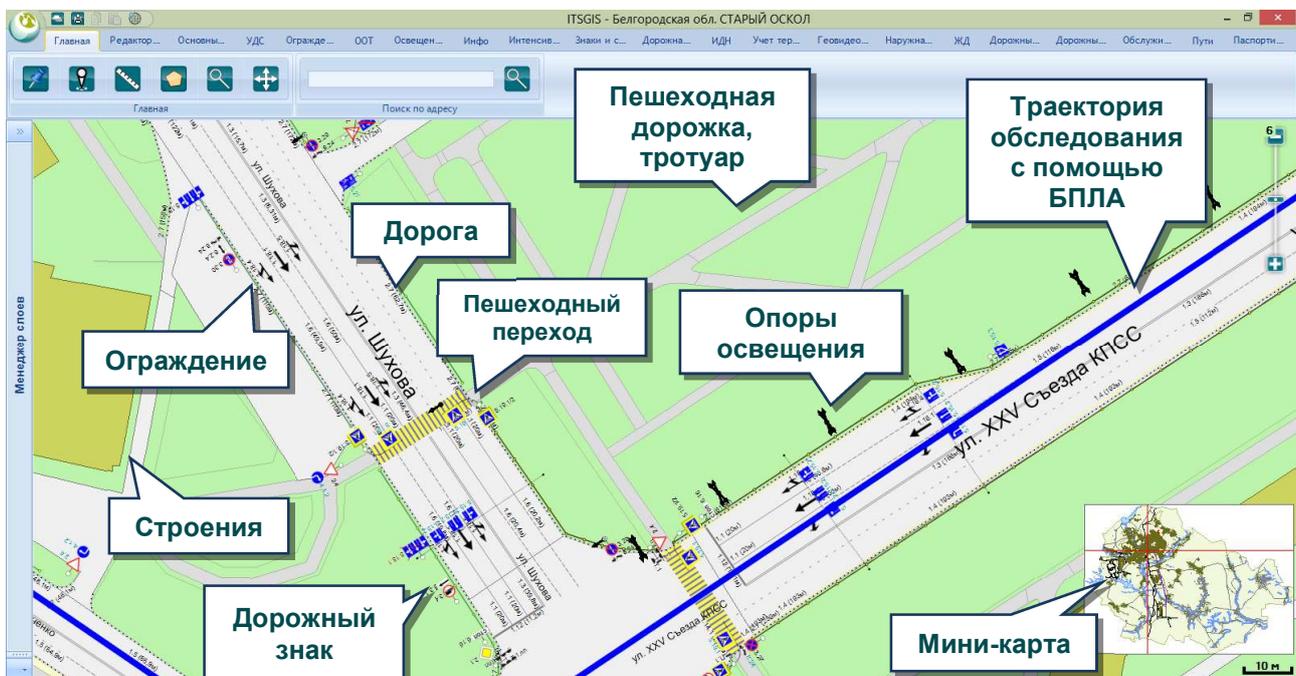


Рис. 2. Визуализация геообъектов на интерактивной карте геоинформационной системы «ITSGIS»

### Литература

1. Прангишвили, И.В. Энтропийные и другие системные закономерности: вопросы управления сложными системами / И.В. Прангишвили. – М.: Наука, 2003. – 428 с.
2. Бетелин, В.Б. Основные понятия контролируемого выполнения сложных систем / В.Б. Бетелин, В.А. Галатенко, К.А. Костюхин // Информационные технологии. 2013. № 3. Приложение. 32 с.



3. Кудинов, А.В. Геоинформационные технологии в задачах управления пространственными сетями / А.В. Кудинов // Геоинформатика-2000 : труды междуна. научн.-практ. конф. – Томск : Изд-во Томского ун-та, 2000. – С. 224 – 229.

4. Михеева Т.И. Метод синтеза системы зонального сетевидного управления транспортными процессами / Т.И. Михеева, С.В. Михеев, О.К. Головнин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2016. – Т. 18, № 4 (4). – С. 799–807.

5. Михеева Т.И., Михеев С.В. Исследование методов локального управления транспортными потоками // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. Сер. «Актуальные проблемы радиоэлектроники» - Самара: СГАУ, - 2003. С. 24-30.

6. Рокицкий Р.Б. Объектно-ориентированные базы данных с использованием реляционных СУБД // Кибернетика и системный анализ. 2000. № 6. С. 27 – 38.

7. Cascetta, E. Transportation systems analysis: models and applications // NY : Springer, 2009. – 752 p.

8. Михеева Т.И. Паттерны поддержки принятия решений по дислокации технических средств организации дорожного движения / Т.И. Михеева, О.К. Головнин // Перспективные информационные технологии (ПИТ-2013) //Труды междуна. научно-техн. конф. – Самара: Изд-во Самарск. науч. центра РАН, 2013. – С.267-273.

9. Mikheeva T.I. Hardware-software complex of management of interactive content / T.I. Mikheeva, S.V. Mikheev, O.K. Golovnin // Proceedings of the 14th international workshop on computer science and information technologies CSIT'2012, Vol. 2. Ufa – Hamburg – Norwegian Fjords, 2012. Pp. 63-65.

10. Михеева Т.И. Модель пространственных данных оценки состояния объектов транспортной инфраструктуры в интеллектуальной ГИС «ITSGIS» / Т.И. Михеева, А.А. Федосеев, О.А. Япрынцева, О.К. Головнин //Геоинформационные технологии в проектировании и создании корпоративных информационных систем. – Уфа: Уфимский гос. авиационный технический ун-т, 2013. – С. 68-72.

11. Михеева Т.И. Система медийного автоматизированного мониторинга автомобильных дорог / Т.И. Михеева, О.К. Головнин // Актуальные проблемы автотранспортного комплекса: межвуз. сб. науч. статей. – Самара, Самар. гос. техн. ун-т, 2013. – С. 193-198.

12. Михеева Т.И. Интеллектуальная транспортная геоинформационная система ITSGIS / Т.И. Михеева, С.В. Михеев, О.К. Головнин // Современные проблемы безопасности жизнедеятельности: интеллектуальные транспортные системы: материалы IV Международной научно-практической конференции (Казань, 25–26 февраля 2016 г.). – Казань : ГБУ «Научный центр безопасности жизнедеятельности», 2016. – С. 362–368. – ISBN 978-5-85247-837-5.



13. Михеева Т.И. Система моделирования «Транспортная инфраструктура города» / Т.И. Михеева, И.А. Рудаков, И.А. Чугунов // Вестник Самарск. гос. техн. ун-та. Серия «Технические науки». 2008, №1. С. 28–38.

14. Кудинов, А.В. Геоинформационные технологии в задачах управления пространственными сетями / А.В. Кудинов // Геоинформатика-2000 : труды международной научн.-практ. конф. – Томск : Изд-во Томского ун-та, 2000. – С. 224 – 229.

Т.И. Михеева, О.М. Батищева, А.И. Чугунов

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ОПЕРАТИВНЫХ ДАННЫХ В ITSGIS

(Самарский государственный технический университет)

В Российской Федерации контролем обеспечения безопасности дорожного движения занимается ГИБДД. Многогранность транспортных процессов, протекающих в инфраструктуре города, должна находить отражение в принятых соответствующими органами решениях. При принятии решений руководство ответственной службы должно иметь самую оперативную информацию об обстановке на дорогах, причем, это должно быть не значение одного показателя, а комплексная характеристика состояния объектов. Обеспечение сбора, накопления и обработки информации решается на уровне интеллектуальной транспортной геоинформационной системы «ITSGIS». Как результат – возможность получения основы для оперативного и правильного принятия решения в условиях реального времени.

Для отслеживания изменений различных показателей, влияющих на принятие решения по обеспечению безопасности дорожного движения, в ITSGIS ведется база данных оперативной информации. Вся оперативная информация при необходимости хранится на «бумажных носителях». Подведение итогов, вычисление каких-либо интегральных характеристик, проведение сравнительного анализа, сравнение со значением аналогичного показателя за прошлый период, динамика роста, сумма за некоторый период и т.п. выполняется в системе. Объем перерабатываемой информации пропорционален количеству формируемых показателей [1].

Основу информационного обеспечения в ITSGIS составляет совокупность данных. При сложной и совершенной организации информационного обеспечения используется база данных (БД) с расширенной системой управления этими данными, выполняющей функции не только хранения, но и поиска и манипулирования данными.

База данных является фундаментальным компонентом информации в ITSGIS, и в общем случае представляет собой поименованную совокупность данных, отображающую состояние объекта или класса объектов, их свойства и взаимоотношения. Жизненный цикл информационной системы неразрывно



связан с жизненным циклом системы базы данных, поддерживающей ее функционирование. Жизненный цикл информационной системы состоит из нескольких этапов [2, 3, 4].

- *Планирование разработки БД* – определение наиболее эффективного способа реализации жизненного цикла системы.
- *Сбор и анализ требований* – определение действий и границ приложения БД, состав ее пользователей и областей применения.
- *Проектирование* – концептуальное, логическое и физическое проектирование БД.
- *Реализация* – конструирование информационного образа задачи в памяти компьютера.
- *Тестирование* – проверка на соответствие всем требованиям, выдвинутым пользователем.
- *Анализ и преобразование данных* – анализ, преобразование и загрузка данных и прикладных программ из старой системы в новую (преобразованную).

В ITSGIS существует плагин мониторинга оперативных данных, представляет собой комплекс, сочетающий хранилище данных, реализованное с помощью программных средств C#, драйвера баз данных InterBase и вычислительный модуль, который в совокупности с древовидной структурой показателей дает возможность реализовать практически любую вычислительную схему [5].

Отличительной особенностью для данной системы явилось вполне объяснимое ограничение, накладываемое областью применения на реализацию хранилища данных: постоянно изменяющаяся структура отслеживаемых характеристик. Эта динамика проявляется вследствие изменений характеристик реального мира, и, как результат, происходит введение новых параметров, их сбор и обработка. Отсюда – невозможность организации жесткой структуры хранилища данных. Как решение данной проблемы, в ITSGIS реализована гибко настраиваемая древовидная система показателей с возможностью размещения узлов на любом уровне, созданием произвольной глубины вложенности.

Листья-показатели двух типов: *статистические* (не вычисляемые) и *вычисляемые*. Статистические показатели – это хранилища собираемой информации, поступающей с отделений. Например, показатель «*Кража транспортного средства: за сутки*». Вычисляемые показатели – это хранилища информации, полученные путем каких-либо вычислений или анализа аналогичных показателей за некоторый временной период. К вычислительным параметрам относится, например, показатель «*Кража транспортного средства: за прошедший месяц*».

Для каждого показателя (вычисляемого и не вычисляемого) создается по одному значению на один день, где хранится его текущее состояние. Для статистических – это вводимое оператором значение, а для вычисляемых это полученное, вследствие применения формулы. Формула, по которой



производится вычисление показателя, задается в дереве настройки показателей. Она может содержать операнды, над которыми производится операция, знаки операции +, -, \*, /, скобки – «(» и «)», обеспечивающие приоритет вычислений. Этого вполне достаточно для обработки, оценки сравнительных характеристик показателей, выявления динамики роста показателей, так как позволяет вычислять такие показатели как: «Количество дорожно-транспортных происшествий (ДТП): по нарастающей - за текущий месяц», или «Пострадало в ДТП: за прошлый год» = «Убито в ДТП: за прошлый год» + «Ранено в ДТП: за прошлый год» [6, 7, 8].

Структура базы данных, обеспечивающей хранение оперативной информации, приведена на рисунке 1 и демонстрируется в концепции модели «сущность-связь» – ER-модели, предложенной Ченом [9].

Основной частью БД, отвечающей за реализацию гибкой древовидной системы, является кортеж из пяти таблиц: *Param*, *ParamKind*, *ParamValue*, *Division*, *ValueKind*. Рассмотрим их подробнее. Хранилище *Param* отвечает за содержимое дерева (за исключением конечных листьев и значений, хранящихся в этих листьях). Сформировать дерево позволяет наличие поля *IParent* (идентификатор родительского узла), ссылающегося на узел-предок, и *VcName*, хранящее название узла. Дополнительный компонент *ValueKind* хранит названия возможных листьев дерева (поле *VcName* – наименование). Их комбинация *Param+ValueKind* образует гибкое, легко расширяемое дерево, которое реализуется в существовании таблицы конечных показателей *ParamKind*. Они формируются на основании пары *Param.Id\_Param:ValueKind.Id\_Kind*. Вычисляемость параметра определяется наличием формулы в поле *VcFormula*. Таблица *ParamValue* хранит данные для каждого конечного показателя на каждый день (вычисляемое или статистическое). На множество хранимых значений оказывает влияние, в каком подразделении ГИБДД (*Division*) зафиксировано данное значение показателя, отсюда вытекает необходимость в идентификации района города (таблица *Division: ParamValue.Id\_Div=Division.Id\_Div*). Аналогично подразделению, уникальное значение для показателя за один день обеспечивает поле *Id\_Day=ReportDay.Id\_Day* [10, 11, 12].

Функция формирования отчетов обеспечивает такую же гибкость формирования. Пользователь имеет возможность формировать шаблоны для отчетов, составлять и сохранять запросы [10]. Эта возможность реализована в системе на двух таблицах. Первая – собственно отчет (*Report*: название, код и периодичность формирования). Вторая – набор полей, по которым идет выборка для данного отчета (*ReportParam*). Таким образом, оператору для формирования нового отчета достаточно создать шаблон (рис. 2) и период, за который формируется отчет. Отчет создается как Excel-файл с определенного (заданного) вида шапкой, содержимое которого определяется из ITSGIS (для этого есть специальные функции, рис. 3).

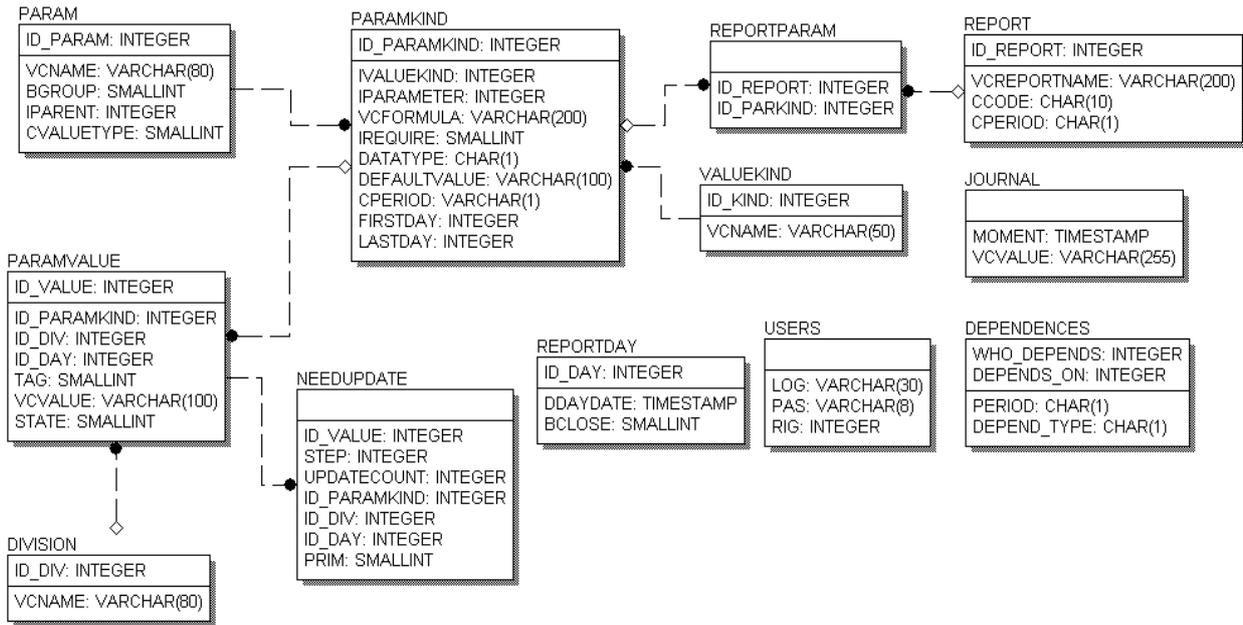


Рис. 2. ER-модель данных

ДАТА	#ДАТА#		
ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ	норма выставления	фактически выставлено	всего задействовано
	постов	постов	но постов ДПС за сутки
#ПОДР#	>9<	>10<	>11<

Рис. 2. Структура шаблона отчета для показателя «Посты дорожно-патрульной службы (ДПС)»

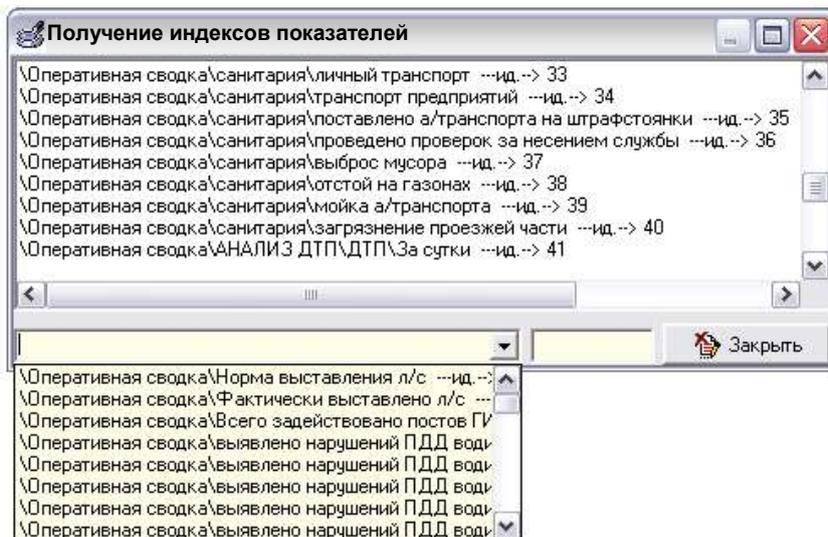


Рис. 3. Экранная копия подсистемы формирования отчетов



Плагин ITSGIS учета оперативных данных по обеспечению безопасности дорожного движения реализован с использованием С#. Данные технические средства выбраны в соответствии с требованиями скорости доступа к данным БД, так как в них уже реализованы оптимизированные компоненты для доступа к базам данных InterBase.

В настоящий момент ITSGIS используется в городах РФ и позволяет автоматизировать процесс получения оперативной информации руководством для принятия правильных, своевременных, обоснованных обстановкой в городе, решений.

### Литература

1. Автоматизация проектирования вычислительных систем. Языки, моделирование и базы данных // Под ред. М. Брейера: Пер. с англ. - М.: Мир, 1979. - 463 с.
2. Кудинов, А.В. Геоинформационные технологии в задачах управления пространственными сетями / А.В. Кудинов // Геоинформатика-2000 : труды междуна. научн.-практ. конф. – Томск : Изд-во Томского ун-та, 2000. – С. 224 – 229.
3. Буч Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений на С++ / Пер. с англ. – СПб.: Невский диалект, 1999. – 560 с.
4. Рокицкий Р.Б. Объектно-ориентированные базы данных с использованием реляционных СУБД // Кибернетика и системный анализ. 2000. № 6. С. 27 – 38.
5. Михеева Т.И. Система медийного автоматизированного мониторинга автомобильных дорог / Т.И. Михеева, О.К. Головнин // Актуальные проблемы автотранспортного комплекса: межвуз. сб. науч. статей. – Самара, Самар. гос. техн. ун-т, 2013. – С. 193-198.
6. Михеева Т.И. Геоинформационная система наблюдения за улично-дорожной сетью города /Труды 5 международной междисциплинарной научно-практической конф. «Современные проблемы в науке и образовании». - Алушта-Харьков: Харьковский нац. ун-т им. В.Н. Каразина, - 2004. - С. 202.
7. Михеева Т.И., Михеев С.В. Исследование методов локального управления транспортными потоками // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. Сер. «Актуальные проблемы радиоэлектроники» - Самара: СГАУ, - 2003. С. 24-30.
8. Михеева Т.И. Модель пространственных данных оценки состояния объектов транспортной инфраструктуры в интеллектуальной ГИС «ITSGIS» / Т.И. Михеева, А.А. Федосеев, О.А. Япрынцева, О.К. Головнин //Геоинформационные технологии в проектировании и создании корпоративных информационных систем. – Уфа: Уфимский гос. авиационный технический ун-т, 2013. – С. 68-72.
9. Чен П.П. Модель «сущность-связь» – шаг к единому представлению данных // СУБД, №3, 1995.



10. Михеева Т.И. Интеллектуальная транспортная геоинформационная система ITSGIS / Т.И. Михеева, С.В. Михеев, О.К. Головнин // Современные проблемы безопасности жизнедеятельности: интеллектуальные транспортные системы: материалы IV Международной научно-практической конференции (Казань, 25–26 февраля 2016 г.). – Казань: ГБУ «Научный центр безопасности жизнедеятельности», 2016. – С. 362–368. – ISBN 978-5-85247-837-5.

11. Михеева Т.И. Система моделирования «Транспортная инфраструктура города» / Т.И. Михеева, И.А. Рудаков, И.А. Чугунов // Вестник Самарск. гос. техн. ун-та. Серия «Технические науки». 2008, №1. С. 28–38.

12. Михеева Т.И. Паттерны поддержки принятия решений по дислокации технических средств организации дорожного движения / Т.И. Михеева, О.К. Головнин // Перспективные информационные технологии (ПИТ-2013) //Труды межд. научно-техн. конф. – Самара: Изд-во Самарск. науч. центра РАН, 2013. – С.267-273.

Т.И. Михеева, С.В. Михеев

## ПРИНЦИПЫ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

(Самарский университет)

Решая те или иные задачи управления дорожным движением, инженеры и исследователи сталкиваются со следующими вопросами: как соизмерить значение, степень важности различных мероприятий, направленных на улучшение обслуживания транспортных и пешеходных потоков; как сопоставить эти мероприятия и дать им необходимую комплексную оценку. Ответы на эти вопросы могут дать только эксперименты – натурный и вычислительный [1].

В натурном эксперименте информацию о процессе или системе собирают путем измерений в реальных условиях. По мере развития средств и методов управления дорожным движением возрастает число оцениваемых параметров, повышаются требования к качеству информации, значительно увеличивается цена решений. В этих условиях натурный эксперимент очень дорог, а порою и невыполним. Это определяет проблему разработки методов и средств, которые были бы сопряжены с минимальными ресурсными затратами. Вычислительный эксперимент, реализованный на компьютере, приемлем для решения ряда задач, возникающих при проектировании систем управления транспортными потоками (ТрП). Основные задачи вычислительного эксперимента – сравнительная оценка различных алгоритмов управления, определение эффективных областей их применения, а также нахождение оптимальных значений параметров управления. Недостаток вычислительного эксперимента состоит в том, что применимость его результатов ограничена рамками



принятой математической модели, построенной на основе закономерностей, выявляемых при помощи натурального эксперимента [2, 3].

Математическое моделирование в вычислительном эксперименте целесообразно разделить на аналитическое и имитационное. Учитывая сложность процессов управления дорожным движением при аналитическом моделировании, приходится прибегать к жестким ограничениям с целью упрощения. Поэтому аналитическая модель позволяет находить только приближенное решение задачи, делающее во многих случаях невозможным получение конструктивных результатов исследования, которые могут быть использованы в практике проектирования систем управления дорожным движением. В отличие от аналитической, имитационная модель позволяет воспроизводить управление ТрП любой сложности с необходимым уровнем детализации, что ограничивается лишь ресурсами компьютера [4].

Для повышения эффективности применения имитационного моделирования в процессе управления транспортными потоками необходимо предоставить в распоряжение пользователя методы проектирования моделей, средства автоматизации программирования моделей и методы проведения эксперимента на имитационных моделях. Необходимость решения перечисленных выше задач определяет проблему создания гибкой имитационной технологии, обеспечивающей проведение компьютерных экспериментов в предметной области «Интеллектуальная транспортная геоинформационная система», имеющей эффективную реализацию в современной вычислительной среде и легко адаптирующейся к задачам проектирования и исследования транспортной инфраструктуры. Эта проблема связана с использованием методов и инструментальных средств, позволяющих разрабатывать технологии компьютерного исследования с полным учетом свойств и профессионального кругозора исследователя [5]. Такая имитационная технология в среде интеллектуальной транспортной геоинформационной системы «ITSGIS» обладает следующими качествами:

- наличие гибкого предметно-ориентированного языкового интерфейса исследователя;
- наличие единого стиля представления информации;
- наличие гибкой имитационной среды, допускающей простую модификацию и расширение спектра исследовательских задач;
- обеспечение адаптивного характера процесса управления.

Предметно-ориентированное конструирование, реализованное в «ITSGIS», позволяет создавать развивающиеся (*эволюционные*) технологии исследований, которые позволяют не только получать в имитационном эксперименте новые знания о предметной области, но и использовать их для развития технологии исследований путем уточнения и расширения понятийных основ «ITSGIS».

Кроме того, использование универсальной инструментальной основы объектно-ориентированного проектирования (ООП) позволяет сократить сроки



создания новых имитационных технологий компьютерного исследования, что обеспечивается средствами автоматизации конструирования имитационной среды [6, 7].

В качестве методологической основы предметно-ориентированного проектирования компьютерной технологии управления дорожным движением в среде «ITSGIS» использовано расслоение свойств предметной области. Подобное расслоение базируется на использовании таксономических моделей (моделей наследования), которые с одной стороны органично связаны с иерархической декомпозицией, а с другой, имеют адекватную реализацию в виде механизмов наследования свойств, характерного для объектно-ориентированных систем программирования и моделирования [8].

Таким образом, задача проектирования «ITSGIS» сформулирована как создание компьютерной технологии управления транспортными потоками на декомпозиционной основе таксономического расслоения свойств предметной области. Такая технология предоставляет пользователю-непрограммисту предметно-ориентированные средства спецификации моделей, проведение имитационных экспериментов и анализа их результатов, обеспечивающие снижение трудоемкости и улучшение качества проектирования систем управления дорожным движением.

Эта задача включает в себя ряд подзадач:

- систематизацию принципов и методов управления транспортными потоками;
- разработку унифицированной модели предметной области «Интеллектуальная транспортная геоинформационная система» и наполняющих ее таксономических моделей классов;
- определение таксономических моделей инструментальных программных средств объектно-ориентированного проектирования «ITSGIS» на основе таксономической спецификации межклассовых отношений;
- разработку CASE-инструментов объектно-ориентированного проектирования «ITSGIS» на основе таксономических моделей;
- программную реализацию классов «ITSGIS» на основе использования универсальных алгоритмов и методов стратифицированного конструирования объектов и их ассоциаций по регламенту таксономических моделей, а также разработку CASE-инструментов поддержки имитационной среды;
- разработку методики проведения имитационных экспериментов с использованием компьютерной технологии управления ТрП.

Используемые методы конструирования компьютерных технологий управления ТрП связаны с концепциями ООП, расслоения программных систем. Эти концепции распространяются на весь круг задач, связанных с разработкой CASE-инструментов предметно-ориентированного проектирования «ITSGIS». Адекватность такого подхода к созданию имитационных систем обусловлена во многом интуитивным представлением о



реальном мире как совокупности взаимосвязанных объектов и базируется на строгих математических построениях программной таксономии [9, 10, 11].

Моделирование широко распространено во всех инженерных дисциплинах, в значительной степени из-за того, что оно реализует принципы декомпозиции, абстракции и иерархии. Резоннее всего создавать модели, фокусирующие внимание на объектах, найденных в самой предметной области, и образующие то, что называется объектно-ориентированной декомпозицией. При проектировании сложноорганизованных систем задачи декомпозиции предметной области на классы объектов и структурирования объектов и их ассоциаций выходят на первый план. Страуструп отмечает, что наиболее значительным достижением объектно-ориентированного проектирования является введение иерархии классов в процессе проектирования, и именно это позволяет повысить эффективность и качество сложноорганизованных систем [12, 13, 14]. Объектная декомпозиция уменьшает размер программных систем за счет повторного использования общих структур и механизмов. Системы, построенные с использованием объектно-ориентированного подхода, более гибкие и проще эволюционируют во времени, так как их схемы базируются на устойчивых промежуточных формах.

Имитационное моделирование транспортных потоков имеет свои особенности. Одним из главных условий эффективного применения имитационного моделирования в «ITSGIS» является соответствие затрат машинного времени сложности решаемой задачи. С этой точки зрения, выполнено разделение статистических моделей микро- и макроструктуры ТрП. При исследовании методов локального управления или системных алгоритмов в приложении к небольшим участкам дорожной сети необходимо имитировать поведение каждой транспортной единицы [15, 16]. Анализ системного управления в «ITSGIS» на больших участках улично-дорожной сети позволяет имитировать ТрП как единое целое или по элементам, но без идентификации отдельных транспортных единиц. Данное разделение моделей позволяет существенно снизить затраты машинного времени при моделировании больших районов управления.

Другой принцип, обеспечивающий сокращение времени моделирования, – иерархическое объектное построение эволюционных моделей. Объектно-ориентированный анализ и проектирование – это метод, логически приводящий к объектно-ориентированной декомпозиции. ООП позволяет создавать гибкие плагины «ITSGIS», написанные экономными средствами. Разумное разделение пространства состояний повышает достоверность моделей «ITSGIS».

Объектные модели «ITSGIS» рассматриваются в двух аспектах: с позиции времени и пространства [17]. В первом случае это модели со сканированием имитируемого процесса, когда состояние объекта снимается через постоянные интервалы времени. Во втором – в качестве основного вида преобразования информации в моделях используют имитацию движения, заключающуюся в последовательном изменении координат элемента ТрП со скоростью, зависящей от транспортной ситуации. Знания координат и скоростей для



каждого элемента ТрП позволяют определить все его характеристики.

Элементы для микро- и макроструктуры ТрП в «ITSGIS» разные. Если для модели микроструктуры в качестве элемента необходимо выбрать отдельную транспортную единицу, то для модели макроструктуры элементом может служить часть ТрП из нескольких транспортных единиц.

Для элемента ТрП в макроструктуре существует два преобразования:

- выбор режима движения ТрП в зависимости от местонахождения транспортных единиц на сети (перегон, перекресток, граница моделируемого района);
- имитация режима движения по сети за интервал сканирования.

Второй вид преобразований для структуры ТрП находится по отношению к первому в подчиненном положении.

Развитие информационного обеспечения процесса моделирования в «ITSGIS» связано с использованием современных информационных технологий, для которых характерно наличие механизмов формализации знаний, адаптирующихся под «интеллектуальный кругозор» пользователя. Использование такой технологии позволяет автоматизировать процесс перехода от предметно-ориентированной формализации знаний к программе, имитирующей механизмы работы проектируемой системы. Технология компьютерного проектирования сложноорганизованных систем для любой предметной области включает в себя следующие этапы:

- спецификация задачи исследования;
- конструирование информационного образа задачи в БД «ITSGIS»;
- имитационный эксперимент с моделью задачи;
- анализ результатов эксперимента.

Реализация гибкой технологии компьютерного проектирования осуществляется на основе объектно-ориентированного подхода как наиболее соответствующего особенностям этой технологии.

Концептуальную основу ООП составляют *абстрагирование, инкапсуляция, модульность, наследование*. Абстрактный тип в терминах ООП трактуется как класс объектов, что определяет основу для классификации и декомпозиции объектов «ITSGIS». Понятие класса фактически определяет алгебру объектов, специфицируя потенциальное множество объектов и возможные действия над объектами этого множества. Определение класса основывается при этом на задании имманентных свойств, присущих объектам класса, – это могут быть свойства обладания определенным качеством (абстракция сущности объектов класса) и/или обладания способностями производить определенные действия (абстракция поведения объектов класса). Множество всех возможных свойств данного объекта и текущие значения каждого из этих свойств определяют состояние объекта. Состояние объектов модели, а, следовательно, и состояние модели в целом, изменяется в результате межобъектных взаимодействий, определяемых поведением объектов.

Одной из основных черт объектно-ориентированного подхода к спецификации «ITSGIS» является наследование свойств [7]. Наследование – это



такая иерархия абстракций, в которой подклассы наследуют свойства одного или нескольких суперклассов. Наследование свойств определяет декомпозиционную основу, характерную для таксономических моделей классификации, задающих иерархию обобщения-специализации, в которой суперклассы отражают наиболее общие, а подклассы - специализированные абстракции.

В подходе, развиваемом в работе, таксономические модели «ITSGIS» используются как регламент стратифицированного (послойного) конструирования объектов и их классов. Стратификация «ITSGIS» на классы объектов лежит в ООП. Послойное проектирование реализуется на основе принципа модульности, состоящего в разделении целого на части. Проектирование слоев начинается с уровня абстрактных общезначимых понятий и заканчивается уровнем предметно-ориентированных категорий. Послойное проектирование систем может быть, как вертикальным, так и горизонтальным.

Модуль выступает как *программный эквивалент класса*, в котором инкапсулированы все свойства этого класса. Инкапсуляция (ограничение доступа) заключается в разделении декларативной и функциональной спецификаций модуля. Декларативная спецификация задает абстракцию поведения всех объектов соответствующего класса, а функциональная спецификация определяет механизмы этого поведения. Функциональная спецификация оказывается закрытой, и проектирование программных систем осуществляется на уровне декларативной спецификации. При этом такой модуль-класс экспортирует произвольно определенный тип данных, переменные которого должны использоваться для идентификации объектов класса, и набор связанных с этим типом операций. Поскольку в процессе имитации предполагается динамическое порождение объектов, экспортируемый тип должен быть ссылочным. Одновременно это обеспечивает также возможности «скрытого» экспорта и связанной с ним полной инкапсуляции программных моделей объектов. Модуль компилируется автономно, что является неотъемлемым технологическим свойством послойного проекта «ITSGIS». Модульное построение системы и механизмы наследования дают разработчику инструмент конструирования объектов на основе «импорта-экспорта», обеспечивающего эффективную компоновку каждого нового слоя с уже созданными слоями верхних уровней обобщения.

Объектно-ориентированный анализ «ITSGIS» позволил определить границы проблемной области и выделить ключевые абстракции и механизмы. Методы и средства ООП обеспечивают построение таксономических моделей классов «ITSGIS». Использование таких моделей позволило произвести декомпозицию на классы объектов и установить регламент межклассовых отношений, на базе которых построена унифицированная иерархическая модель классов «ITSGIS». Основными абстракциями предметной области «Интеллектуальная транспортная геоинформационная система» являются следующие [18, 19]:



- модель ТрП определяется классами: Скорость, Интенсивность, Плотность;
- модель улично-дорожной сети определяется классами: Участок, Объект\_На\_Участке;
- модель технических средств организации дорожного движения определяется классами: Светофорный\_Объект, Дорожный\_Знак, Дорожная\_Разметка;
- модель управления ТрП определяется классами: Расстановка\_Технических\_Средств\_Организации\_Дорожного\_Движения, Жесткое\_Координирование, Оптимизация\_Управления.

Модель предметной области представляется тетрадой:

$$M_{одд} = \langle M_{уп}, M_{п}, M_{удс}, M_{тсодд} \rangle,$$

где  $M_{одд}$  – модель «ITSGIS» (организация дорожного движения),  $M_{уп}$  – модель управления транспортным потоком,  $M_{п}$  – модель транспортного потока,  $M_{удс}$  – модель улично-дорожной сети,  $M_{тсодд}$  – модель технических средств организации дорожного движения.

Руководствуясь этими принципами декомпозиции, построена унифицированная модель «Интеллектуальная транспортная геоинформационная система» и наполнена ее классами объектов, реализующих основные понятия этой предметной области. Декомпозиция «Интеллектуальная транспортная геоинформационная система» приведена на рисунке 1.

«ITSGIS» основана на цифровой геовизуализации управления транспортными потоками, т.е. на современной информационной технологии, которая объединяет возможность взаимодействия разнообразных геообъектов с базой данных, включая транспортную инфраструктуру, с визуализацией данных на тематических слоях интерактивной электронной карты. Использование технологии ООП позволило решить задачу разработки таксономических моделей инструментальных классов поддержки имитационной среды «ITSGIS» для проведения исследований управления ТрП.

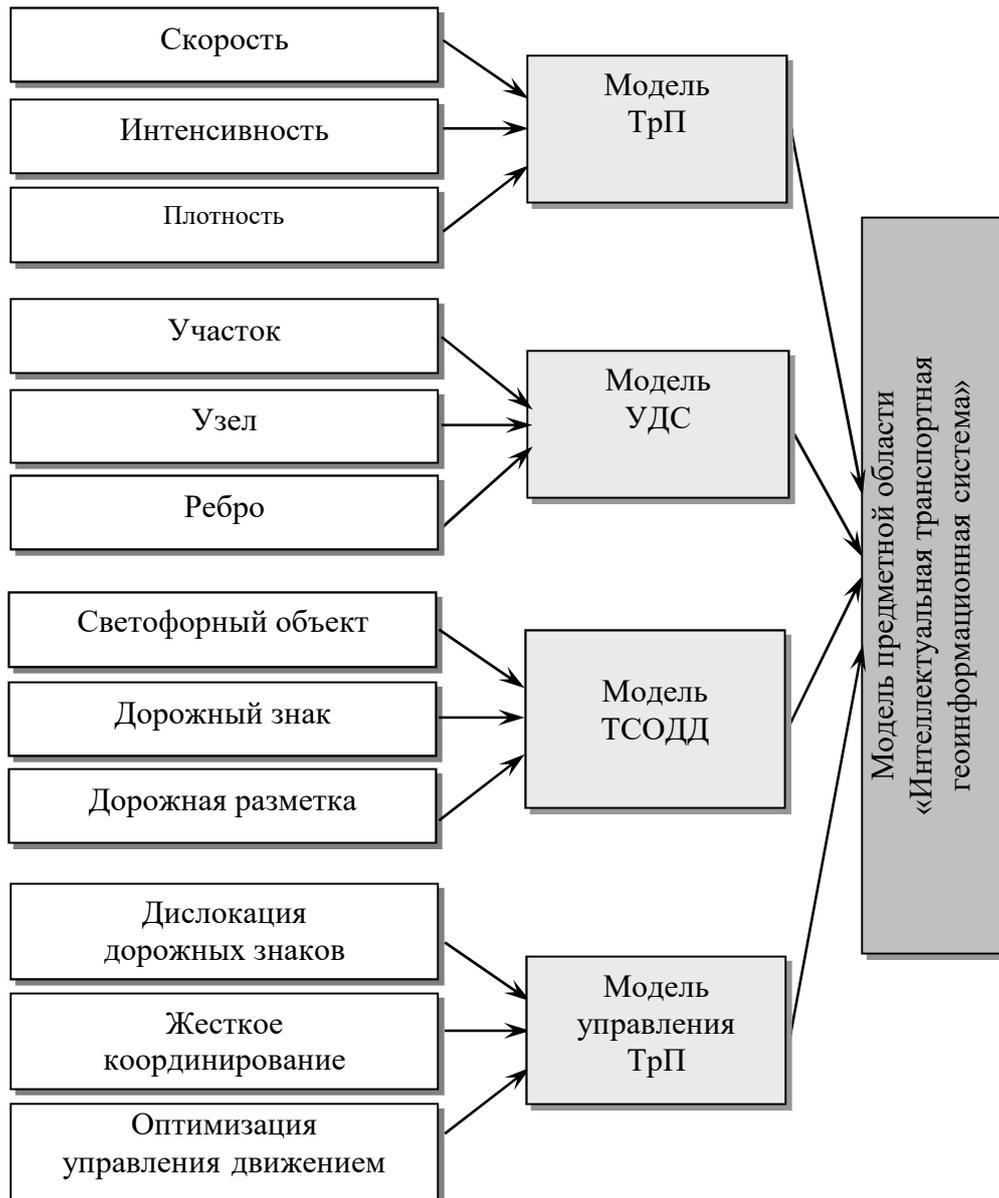


Рис. 1. Декомпозиция предметной области «ITSGIS» на классы объектов

### Литература

1. Cascetta, E. Transportation systems analysis : models and applications // NY : Springer, 2009. – 752 p.
2. Capacity and Level of Service at Finish Unsignalized Intersections// Finnra Reports, 2004. – 214 p.
3. Gohen A. Data abstraction, data encapsulation, and object-oriented programming. SIGPLAN Notices. -1984. - 19, N1.
4. Mikheev, S.V. Disposition of objects of a transport infrastructure in the GIS «ITSGIS» / S.V. Mikheev, T.I. Mikheeva, K.A. Malykova, D.A. Mikhaylov / Computer Science and Information Technologies // Proceedings of the 14th



international workshop on computer science and information technologies CSIT'2012, Vol. 2. Ufa – Hamburg – Norwegian Fjords, 2012. – Pp. 74-76.

5. Mikheeva T.I. Hardware-software complex of management of interactive content / T.I. Mikheeva, S.V. Mikheev, O.K. Golovnin // Proceedings of the 14th international workshop on computer science and information technologies CSIT'2012, Vol. 2. Ufa – Hamburg – Norwegian Fjords, 2012. Pp. 63-65.

6. Halbert D.C., O'Brien P.D. Using types and inheritance in object-oriented programming. IEEE Software. -1987. - 4, N5. - p.71-79.

7. Михеева Т.И., Михеев С.В. Модели наследования в системе управления дорожным движением // Информационные технологии, 2001. № 7. С. 50-54.

8. Кораблин М.А., Смирнов С.В. Наследование свойств в задачах объектно-ориентированного программирования на языке Модула-2 // Программирование. –1990. – N4. – С. 38–43.

9. Михеев, С.В. Проектирование систем управления дорожным движением на основе отношений наследования свойств // Труды 6 междунаучно-практ. конф. «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах» – СПб: СПбАДИ, – 2004. С. 241–245.

10. Михеева Т.И. Паттерны поддержки принятия решений по дислокации технических средств организации дорожного движения / Т.И. Михеева, О.К. Головнин // Перспективные информационные технологии (ПИТ-2013) //Труды междунаучно-техн. конф. – Самара: Изд-во Самарск. науч. центра РАН, 2013. – С.267-273.

11. Михеева Т.И. Программная таксономия – основа для создания гипермедийных обучающих систем / Т.И. Михеева, И.Е. Михеенков // Информационные технологии, 1998. №8. С. 40-43.

12. Куржанский, А.Б. Роль макро моделирования в активном управлении транспортной сетью / А.Б. Куржанский, А.А. Куржанский, П. Варайя // Труды МФТИ. – 2010. – Т. 2, № 4. – С. 100 – 118.

13. Михеева Т.И. Система медийного автоматизированного мониторинга автомобильных дорог / Т.И. Михеева, О.К. Головнин // Актуальные проблемы автотранспортного комплекса: межвуз. сб. науч. статей. – Самара, Самар. гос. техн. ун-т, 2013. – С. 193-198.

14. Михеева Т.И. Система моделирования «Транспортная инфраструктура города» / Т.И. Михеева, И.А. Рудаков, И.А. Чугунов // Вестник Самарск. гос. техн. ун-та. Серия «Технические науки». 2008, №1. С. 28–38.

15. Михеева Т.И. Метод синтеза системы зонального сетевидного управления транспортными процессами / Т.И. Михеева, С.В. Михеев, О.К. Головнин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2016. – Т. 18, № 4 (4). – С. 799–807.

16. Михеева Т.И. Модель пространственных данных оценки состояния объектов транспортной инфраструктуры в интеллектуальной ГИС «ITSGIS» / Т.И. Михеева, А.А. Федосеев, О.А. Япрынцева, О.К. Головнин // Геоинформационные технологии в проектировании и создании



корпоративных информационных систем. – Уфа: Уфимский гос. авиационный технический ун-т, 2013. – С. 68-72.

17. Михеева Т.И. Исследование методов локального управления транспортными потоками / Т.И. Михеева, С.В. Михеев, // Вестник СГАУ. Сер. «Актуальные проблемы радиоэлектроники» - Самара: СГАУ, - 2003. С. 24-30.

18. Михеева Т.И. Интеллектуальная транспортная система. Дислокация дорожных знаков // Вестник Самарского гос. техн. ун-та. Серия «Технические науки» №32. Самара: СамГТУ, 2005. С.53-63.

19. Михеева Т.И. Информационная технология автоматической дислокации геообъектов транспортной инфраструктуры на улично-дорожной сети / Т.И. Михеева, А.В. Сидоров, О.К. Головнин // Перспективные информационные технологии (ПИТ-2013) //Труды межд. научно-техн. конф. – Самара: Изд-во Самарск. науч. центра РАН , 2013. – С.236-241.

Т.И. Михеева, А.Н. Тихонов, С.В. Михеев

## МОДЕЛИ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ ITSGIS

(Самарский университет)

Системный анализ решения задач управления транспортной инфраструктурой обеспечивается разработкой и использованием интеллектуальных транспортных систем (ИТС) с аналитикой и визуализацией транспортных процессов и объектов на интерактивной карте геоинформационных систем (ГИС). Анализ российского и зарубежного опыта проектирования и развития ИТСГИС, принципов их интеграции, использования при осуществлении грузовых и пассажирских перевозок, при управлении транспортными потоками (ТрП) в различных транспортных ситуациях позволяет сделать вывод о целесообразности использования ИТСГИС на транспорте [1].

Качество производимой продукции, которое служит определяющим критерием безопасности и сроков эксплуатации транспортных средств (воздушного, авто, ж/д, водного транспорта), является одним из основных требований, предъявляемых к современному производству ИТСГИС. В связи с этим, задача контроля качества транспортных процессов на этапах проектирования и изготовления ИТСГИС рассматривается, как одна из приоритетных [2].

Сложная многоэтапная организация транспортных процессов, большое количество задействованных в нем ресурсов, высокая технологичность изделий и жесткие требования к соблюдению всех стандартов и норм, диктуют необходимость использования интеллектуальной транспортной геоинформационной системы «ITSGIS» управления транспортной инфраструктурой и сопровождения продукции на всех этапах ее жизненного



цикла. Для решения данной задачи используется класс CALS (Computer Aided Lifecycle Support). Данное направление в транспортной автоматизации является логическим продолжением и обобщением опыта развития CAD\CAE\CAM-систем, использовавшихся на отдельных этапах проектирования, подготовки данных к анализу. Класс CALS обеспечивает «ITSGIS» полное автоматизированное обеспечение жизненного цикла продукции: от этапа проектирования до момента утилизации. Одним из важнейших и неотъемлемых компонентов современной «ITSGIS.CALS»-системы является автоматизированный плагин контроля качества, внедрение которого является первоочередной задачей [3, 4].

Термин «*Интеллектуальная транспортная геоинформационная система*» характеризует комплекс интегрированных средств управления транспортной инфраструктурой (транспортной и улично-дорожной сетью, техническими средствами организации дорожного движения, транспортными потоками), применяемых для решения задач организации движения, на основе современных информационных технологий, организации информационных потоков о функционировании транспортной инфраструктуры в реальном режиме времени [5]. Цели создания и внедрения ITSGIS приведены на рис. 1.

Исходными данными на этапе технологической подготовки «ITSGIS» является конструкторская документация (стандарт) на комплектующие объекты транспортной инфраструктуры. На основе стандарта формируется технологическая документация на комплектующие и составляющие агрегаты геообъектов, которая для каждой детали семантики геообъектов содержит описание транспортных процессов.

На этапе разработки стандарта по технологической документации происходит изготовление комплектующих деталей, сборка агрегатов, семантики геообъектов. Требования к качеству комплектующих, точности обработки и визуализации на электронной карте геообъектов, правильности увязки деталей в комплексную сборку и к прочим аспектам транспортных процессов определяются множеством качественных критериев. Задача контроля соответствия качественных показателей продукции «ITSGIS» данным критериям возлагается на плагин обеспечения и контроля качества получаемых данных. Внешний контроль качества обеспечивается процедурами сертификации процесса функционирования «ITSGIS».

Обобщенная математическая модель  $M$  «ITSGIS» представляется группой объектов  $M = \{A, B, S, P, F, G, H\}$ , где  $A$  – множество требований по сертификации и надзору над геообъектами,  $B$  – множество положений по качеству аналитики и семантики,  $S$  – организационная структура транспортной инфраструктуры и  $P$  – транспортный процесс. Отображения  $F: A \rightarrow B$ ,  $G: B \rightarrow S$ ,  $H: S \rightarrow P$  и композиции  $GF: A \rightarrow S$ ,  $HG: B \rightarrow P$  позволят установить соответствие требований по сертификации с организационной структурой транспортной инфраструктуры и выпускаемой продукцией «ITSGIS» с учетом качества функционала [6, 7, 8, 9].



Рис. 1. Основные цели интеллектуальных транспортных систем

Разработка и исследование эффективности и качества различных методов управления транспортной инфраструктурой, процессами, потоками в рамках «ITSGIS» требует знания закономерностей их поведения на транспортной сети: интенсивности движения, плотности, распределения интервалов между транспортными средствами (ТрС) в потоке в заданном сечении, времени проезда по некоторому участку УДС, транспортных задержек и др.

Одним из главных направлений теоретических и экспериментальных исследований в теории транспортных потоков (ТрП) в «ITSGIS» является изучение зависимостей между основными характеристиками ТрП [10, 11, 12]. Несмотря на это, до настоящего времени не устранены некоторые противоречия между реальными данными и теоретическими предпосылками в основных моделях транспортного потока:

- рассеивание фактических данных параметров дорожного движения и детерминированные соотношения в макромоделях;
- постоянное значение отношения критической  $k_c$  и максимальной  $k_j$  плотности ТрП  $k_c/k_j$  для каждой из моделей и переменное значение отношения  $k_c/k_j$  в реальном ТрП;
- однотипность формы зависимости между параметрами транспортных потоков для каждой из моделей и изменение функциональной формы для реальных соотношений интенсивность – плотность, скорость – плотность;
- возможность разрывов между значениями характеристик ТрП при переходе от стабильного состояния к заторовому и гладкими соотношениями для теоретических макромоделей.



### Характеристики транспортного потока

В рамках макроскопического подхода транспортный поток  $\tilde{S} = \{\tilde{s}_i\}$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ , движущийся по улично-дорожной сети – дугам  $\tilde{e}_i \in \tilde{E}$  орграфа  $G$ , характеризуется общей средней скоростью  $v$ , плотностью потока  $k$  и интенсивностью движения  $I$  в определенный момент времени в определенной точке [5].

На основе исследований дорожного движения и практики его организации выработаны многочисленные измерители и критерии. К наиболее часто применяемым показателям относятся:

- интенсивность движения  $I$ , авт./ч; авт./сут.;
- плотность транспортного потока  $k$ , авт./м, авт./км;
- скорость движения  $v$ , км/ч; м/с;
- продолжительность задержки движения  $D$ , с;
- состав транспортного потока  $type^S$ .

Транспортный поток  $\tilde{S}$  определен типом ТрС, составляющих его:  $type^S \in T = \{\text{'велосипед'}, \text{'мотоцикл'}, \text{'гужевая\_повозка'}, \text{'легковой\_автомобиль'}, \text{'грузовик 1'}, \text{'грузовик 2'}, \text{'грузовик 3'}, \text{'автобус'}, \text{'троллейбус'}, \text{'автопоезд'}\}$ ,

т.е. тип ТрС:  $type^S \in T = \{1, 2, \dots, N\}$ ; где каждому типу поставлено в соответствие число: «велосипед» – 1, «мотоцикл» – 2, «гужевая повозка» – 3, «легковой автомобиль» – 4, «грузовик 1» – 5, «грузовик 2» – 6, «грузовик 3» – 7, «автобус» – 8, «троллейбус» – 9, «автопоезд» – 10.

Для приведения неоднородного по составу потока к «однородному», состоящему только из легковых транспортных средств, для каждого типа ТрС определен коэффициент приведения  $k_i^{\tilde{S}}$ . Для легкового автомобиля  $k_4^{\tilde{S}} = 1$ , для мотоцикла –  $k_2^{\tilde{S}} = 0.5$  и т.д. Коэффициент  $k_i^{\tilde{S}}$  для разных типов грузовых ТрС определен их грузоподъемностью и варьируется от 1.7 для типа ТрС=«грузовик 1» до 3.5 для типа ТрС=«грузовик 3».

Движение транспортных средств на перекрестке канализируется и подразделяется на право-, левоповоротные и прямые потоки, регламентированные направлениями соответствующих дуг графа транспортной сети и установленными техническими средствами организации дорожного движения [10, 11]. Интенсивность соответствующих потоков является весовыми характеристиками дуг.

### Макроскопические модели движения транспортного потока

В процессе развития макроскопических моделей транспортного потока, полученных в рамках классического подхода с использованием детерминированных зависимостей между интенсивностью, плотностью и скоростью транспортного потока, к моделям предъявлялись все новые требования в соответствии с уровнем задач организации движения и перевозок:  $v = f(k, k_j, v_0, v_w, \zeta_1, \dots, \zeta_n)$ , где  $k$  и  $k_j$  – плотность потока и максимальная (заторовая) плотность потока, соответственно;  $v_0$  – скорость свободного



движения, т. е. максимально возможная скорость на участке дороги;  $v_w$  – скорость кинематической волны при заторовой плотности;  $\zeta_1, \dots, \zeta_n$  – совокупность безразмерных параметров [13]. В качестве дополнительного параметра может выступать эквивалентная дистанция:  $\lambda = \frac{v_w}{v_0} \left( \frac{k_J}{k} - 1 \right)$ . При одной

и той же плотности эквивалентная дистанция уменьшается с увеличением скорости, что в полной мере согласуется с требованиями обеспечения безопасности движения, поскольку фактическая дистанция остается неизменной, а эквивалентная дистанция уменьшается, свидетельствуя об усложнении ситуации.

Рассмотрим с позиции стандартизации функционала зависимости следующих типов: линейная, логарифмическая, экспоненциальная, степенная, регрессионная, разрывная, вероятностная на основе распределения скорости.

**Линейная зависимость между плотностью транспортного потока  $k$  и его скоростью  $v$ .** Линейная зависимость впервые была предложена Гриншилдсом, выражается уравнением (1), впоследствии доработана Ричардсом (2):

$$v = v_0 \left( 1 - \frac{k}{k_J} \right) \text{ и } I = v_0 k \left( 1 - \frac{k}{k_J} \right), \quad (1)$$

$$v = \frac{4I_C}{k_J} \left( 1 - \frac{k}{k_J} \right) \text{ и } I = \frac{4I_C}{k_J^2} k(k_J - k). \quad (2)$$

При высоких значениях скорости свободного движения  $v_0$  применение модели Гриншилдса для определения пропускной способности приводит к завышенным результатам. Для однородного потока из легковых автомобилей при максимальной плотности ТрП  $k_J = 140 \div 160$  авт/км и скорости при уровне пропускной способности  $v_C = 45$  км/час пропускная способность достигает  $1800 \div 2000$  авт/час. Расчетные значения пропускной способности для этих условий по модели Гриншилдса составляют  $3150 \div 3600$  авт/час. Степень соответствия расчетных и экспериментальных данных в модели Ричардса, так же, как и в модели Гриншилдса, повышается при снижении скорости свободного движения [4].

**Логарифмический тип зависимости** имеют макромодели Гринберга (3) и Эл-Хозайни (4). Модель Гринберга описывается уравнениями:

$$v = v_0 \ln \left( \frac{k_J}{k} \right) \text{ и } I = kv_0 \ln \left( \frac{k_J}{k} \right), \quad (3)$$

и при достижении пропускной способности  $k_C = \frac{1}{e} k_J$ . Значение нормированной плотности  $k_C / k_J$  всегда равно 0.368 при максимальной интенсивности движения. Недостатком модели является то, что при плотности, стремящейся к нулю, расчетные значения скорости превышают скорость свободного движения:



$$v = v_0 \sqrt{2 \ln \frac{k_J}{k}} \text{ и } I = v_0 k \sqrt{2 \ln \frac{k_J}{k}}. \quad (4)$$

Максимальная интенсивность движения достигается при нормированной плотности  $k_c / k_J = 0.60371$  и определяется как  $I_c = e^{-0.5} v_0 k_J$ . Модель Эл–Хозаини дает достоверные результаты при высокой плотности и скорости транспортного потока менее 17 км/час.

В макромоделях, основанных на *экспоненциальной зависимости* между скоростью и плотностью и представленных моделями Андервуда (5), Дрейка (6), Зырянова (7), при высокой плотности движения ( $k > 0.75k_J$ ) расчетные значения интенсивности превышают фактические:

$$I = v_0 k \exp\left(-\frac{k}{k_J}\right), \quad (5)$$

$$I = v_0 k \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{k}{k_J}\right)^2\right), \quad (6)$$

$$I = v_0 k \left(1 - \exp\left(-\frac{k - k_J}{k}\right)\right). \quad (7)$$

Модель (4) дает достоверный результат только на участке насыщения.

Наиболее известные *степенные модели* Пайпса (8) и Д. Дрю (9) позволяют за счет коэффициента пропорциональности  $n$  трансформировать форму зависимости между плотностью и скоростью, приспособиваясь к конкретным экспериментальным данным.

$$I = v_0 k \left(1 - \frac{k}{k_J}\right)^n, \quad (8)$$

$$I = v_0 k \left(1 - \left(\frac{k}{k_J}\right)^{\frac{n+1}{2}}\right). \quad (9)$$

При  $n=1$  уравнение (1) является частным случаем (9).

Усложнение макромоделей ТрП за счет введения дополнительных параметров (10), позволяет исследовать поведение транспортного потока в критических точках – насыщения ТрП и затора.

В качестве дополнительного параметра возьмем время прохождения участка УДС, равного длине автомобиля, движущегося со скоростью свободного движения:  $t_v = \frac{\eta}{v_0 k}$ , тогда основные характеристики ТрП при уровне

пропускной способности будут определены следующим образом:

$$v_c = \frac{\sqrt{2} v_0 (\sqrt{\eta^2 + 1} - \sqrt{2})}{\eta^2 - 1}, \quad k_c = \frac{\sqrt{2} k_J (\sqrt{\eta^2 + 1} - \sqrt{2})}{\eta^2 - 1},$$

$$I_c = 2 v_0 k_J \left(\frac{\sqrt{\eta^2 + 1} - \sqrt{2}}{\eta^2 - 1}\right)^2. \quad (10)$$

Основная диаграмма ТрП, построенная по модели (10) для



экспериментальных данных, полученных при моделировании в «ITSGIS», представлена на рисунке 2 [14, 15].

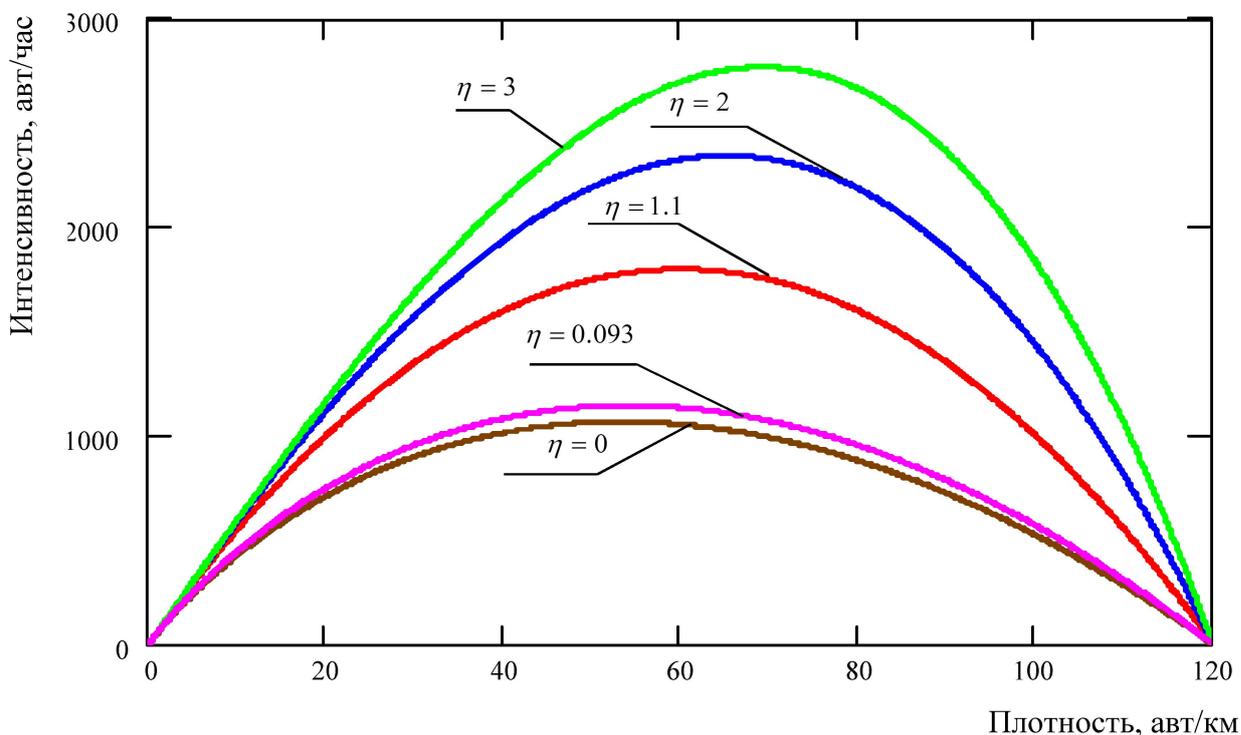


Рис. 2. Основная диаграмма транспортного потока

### Литература

1. Математическое моделирование автотранспортных потоков на регулируемых дорогах / Киселев А.Б. [и др.]. // Прикл. матем. и механ. – 2004. – Т. 68, №. 6. – С. 1035-1042.
2. Руководство по сертификации и надзору за производством изделий авиационной техники. - М.: Межгосударственный авиационный комитет, Авиационный регистр, 1997. - 149 с.
3. Дейт К. Дж. Введение в системы баз данных. Пер. с англ.- К.: Диалектика, 1998. - 784 с.
4. Брой М. Информатика. Теоретическая информатика, алгоритмы и структуры данных, логическое программирование, объектная ориентация: В 4-х ч. Ч.4. / Пер. с нем. - М.: Диалог-МИФИ, 1998. -224 с.
5. Михеева Т.И. Структурно-параметрический синтез интеллектуальных транспортных систем. – Самара: Самар. науч. центр РАН, 2008. – 380 с.
6. Михеев С.В. Технология построения графа улично-дорожной сети в геоинформационной системе / Михеев С.В., Головнин О.К., Щербаков А.Д. / Перспективные информационные технологии (ПИТ-2013) //Труды межд. научно-техн. конф. – Самара: Изд-во Самарск. науч. центра РАН , 2013. – С.227-230.



7. Михеева Т.И. Система медийного автоматизированного мониторинга автомобильных дорог / Т.И. Михеева, О.К. Головнин // Актуальные проблемы автотранспортного комплекса: межвуз. сб. науч. статей. – Самара, Самар. гос. техн. ун-т, 2013. – С. 193-198.

8. Михеев, С.В. Объектно-ориентированный подход к построению интеллектуальных систем / Михеева Т.И., Михеев С.В. // Математич. моделирование информ. процессов и систем в науке, технике и образовании: Межвузовский сборник научных трудов. – Самара: Самарск. гос. арх.-строит. ун-т., 2010. – С.36-42.

9. Михеева Т.И. Паттерны поддержки принятия решений по дислокации технических средств организации дорожного движения / Михеева Т.И., Головнин О.К. Перспективные информационные технологии (ПИТ-2013) //Труды межд. научно-техн. конф. – Самара: Изд-во Самарск. науч. центра РАН, 2013. – С.267-273.

10. Зырянов В.В., Кочерга В.Г. Моделирование транспортных потоков на городской сети // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах. – СПб: СПб ГАСУ, 2006. – С.193-197.

11. Михеева Т.И. Исследование методов локального управления транспортными потоками / Михеева Т.И., Михеев С.В. // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. Сер. «Актуальные проблемы радиоэлектроники» - Самара: СГАУ, - 2003. С. 24-30.

12. Клинковштейн Г.И. Организация дорожного движения. – М.: Транспорт, 1982. – 240 с.

13. Михеева Т.И. Модель пространственных данных оценки состояния объектов транспортной инфраструктуры в интеллектуальной ГИС «ITSGIS» / Т.И. Михеева, А.А. Федосеев, и др. //Геоинформационные технологии в проектировании и создании корпоративных информационных систем. – Уфа: Уфимский гос. авиационный технический ун-т, 2013. – С. 68-72.

14. Интеллектуальная транспортная геоинформационная система ITSGIS. Ядро / Т.И. Михеева, С.В. Михеев, и др. – Самара : Интелтранс, 2016. – Т.1. – 171 с. – ISBN 978-5-9906857-4-1.

15. Чугунов А.И Система моделирования «Транспортная инфраструктура города» / Михеева Т.И., Рудаков И.А., Чугунов И.А. // Вестник Самарск. гос. техн. ун-та. Серия «Технические науки». 2008, №1. С. 28–38.



Т.И. Михеева, А.И. Чугунов

## АНАЛИТИКА ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ С ВИЗУАЛИЗАЦИЕЙ ИХ НА ИНТЕРАКТИВНОЙ КАРТЕ ITSGIS

(Самарский государственный технический университет)

Ежегодное увеличение количества автотранспорта и усложнение транспортной инфраструктуры приводит к ухудшению показателей безопасности дорожного движения. Растущее количество дорожно-транспортных происшествий (ДТП) – одна из острейших социально-экономических проблем, стоящих перед большинством городов России.

Разработана интеллектуальная транспортная геоинформационная система «ITSGIS» с интерактивным плагином «Учет ДТП». Система позволяет выполнять учет и анализ ДТП на электронной карте в среде геоинформационной системы для оценки состояния аварийности, выявления причин и условий возникновения происшествий и принятия мер к их устранению. Участки дорог, на которых часто случаются ДТП, характеризуются высоким уровнем аварийности (более 2 ДТП в год) и называются *очагами аварийности*. Рассмотрим подробнее внутреннюю структуру плагина «Учет ДТП» [1]. Он предназначен для хранения информации о ДТП и местах концентрации ДТП (т.н. «очагах аварийности»). При описании ДТП используются основные характеристики: момент и время возникновения, и вспомогательные: вид, причина, степень тяжести, ущерб и пр. Очаг аварийности хранится в базе данных (БД) как совокупность ДТП и характеризуется моментами возникновения и исчезновения (для ликвидированных очагов).

Центральной утилитой в модуле «Учет ДТП» является утилита редактирования списка ДТП [2, 3]. Данные представляются в табличном виде. Область видимости информации можно ограничить населенным пунктом или районом, возможна фильтрация и сортировка по запросу пользователя: по месту происшествия, по дате, району, причине ДТП и пр.

По сути, анализ ДТП с точки зрения поиска очагов аварийности сводится к группировке ДТП по дате и месту происшествия. Необходимо переработать несколько тысяч записей о ДТП. При ручном поиске такая работа достаточно трудоемка. Автоматизированное выявление очагов аварийности значительно упрощает поиск, но при этом имеет свои трудности. Каждое ДТП фиксируется по территориальной принадлежности. ДТП, произошедшее на границе районов, записывается в «своем» районе. При анализе эти ДТП могут не образовать очаг аварийности, хотя в действительности таковыми являются, т.к. топологический анализ ДТП подразумевает отсутствие границ. Еще одной проблемой является «словесное» (неформализованное) описание места ДТП. Например, перекресток, образованный пересечением улицы «А» и улицы «В», семантически однозначен перекрестку улиц «В» и «А» с точки зрения



топологического анализа, но не является одной и той же точкой города «с точки зрения компьютера». По словесному описанию места происшествия бывает довольно трудно оценить близость двух ДТП, например, ДТП, произошедшие на разных сторонах дороги, могут оказаться «привязанными» к разным домам или даже оказаться в разных районах города. Эти и ряд других проблем решены в системе и не вызывают двоякости суждения [4, 5].

В плагине «Учет ДТП» реализованы следующие функции:

- авторизация и аутентификация пользователей;
- ведение базы данных по ДТП с помощью карточек (рис. 1);
- работа с геообъектами на электронной карте;
- визуализация процессов работы с ДТП;
- формирование сводных ведомостей с различными фильтрациями;
- экспорт ведомостей и отчетов в различные текстовые и табличные форматы.

Рис. 1. Карточка учета ДТП

При ручной обработке данных на карту города приходится наносить цветные метки – места ДТП, либо перебирать записи о ДТП и анализировать, какие из них образуют очаги аварийности, а какие – нет.

Топологический анализ ДТП проводится в ITSGIS в двух видах: семантический анализ данных, хранящихся в БД, и географический анализ данных, визуализированных на электронной карте. В геоинформационной системе (ГИС) данные о ДТП и об очагах аварийности можно формировать по слоям (каждый слой содержит информацию за определенный год). Очаг аварийности отображается в ГИС как совокупность ДТП [6, 7, 8].

Для поиска мест концентрации ДТП на карте используется несколько алгоритмов. Т.к. указанные пользователем координаты на карте (или координаты от GPS) считаются наиболее достоверной информацией о месте



возникновения ДТП, то предпочтение отдается группировке по координатам X:Y. Предварительно осуществляется триангуляция: разбиение плоскости карты на треугольники, в вершинах которых находятся ДТП. Затем для каждого ДТП анализируются соседние с ним ДТП на предмет возможной принадлежности к очагу аварийности (это необходимо для отсечения ДТП, произошедших на параллельных улицах – обычно, это просто совпадение).

Места ДТП на транспортных магистралях, на дорогах и улицах городов распределены неравномерно. Выявление мест концентрации ДТП необходимо для последующего анализа причин их возникновения и проведения мероприятий для предотвращения аварийных ситуаций в будущем [3]. Для плагина «Учет ДТП» разработан модуль «Очаги аварийности», дополняющий основную систему функциями поиска мест концентрации ДТП методами кластерного анализа, частным случаем которого является примененный метод обнаружение горячих точек в пространстве геообъектов – ДТП [4]. На рисунке 2 изображена электронная карта с привязанными ДТП и найденными очагами аварийности.



Рис. 2. ДТП и очаги аварийности на электронной карте

Однако, точные координаты ДТП известны не всегда, т.к. иногда место происшествия задается просто километром дороги (ДТП вне города) или ориентиром (номером светофорной опоры, например). В этом случае возникает проблема с поиском очагов на границе дорог: чаще всего ДТП происходят на перекрестках, где одна дорога примыкает к другой; но названия пересекающихся улиц или автотрасс различны. Так, например, не имея дополнительных данных невозможно определить, что 155-й километр трассы М-50 и 29-й километр трассы Самара-Курумоч – это одно и то же место: точка слияния двух дорог. В городе эта проблема решается путем использования



данных от ITSGIS: можно определить, не пересекаются ли указанные дороги, и не располагается ли ДТП в точке их пересечения. Для каждого типа ориентира существует оценка расстояния между ДТП, которая используется при группировке ДТП в очаги аварийности. Так, например, для ориентиров типа «№ дома» или «№ светофорной опоры» дополнительно можно указать расстояние до ДТП. При использовании одного ориентира расстояния до него недостаточно; необходимо еще знать направление. Однако, имея несколько ориентиров и расстояний до них, можно определить примерное место ДТП. Если не знать точные координаты самих ориентиров, то нельзя определить координаты X:Y ДТП, но можно оценить близость двух ДТП, привязанных к этим ориентирам [9, 10].

Поиск очагов осуществляется «с накоплением», т.е. при каждом поиске корректируется имеющаяся картина очагов аварийности. Т.к. на корректировку влияют лишь вновь добавленные или измененные ДТП, то можно вручную изменять привязку ДТП к очагам – при пересчете внесенные вручную изменения не теряются.

Инструмент (модуль) генерации отчетов предназначен для получения статистического анализа состояния аварийности и вывода результатов на печать или в документ Microsoft Word либо Excel. В ITSGIS предусмотрено получение сравнительных характеристик аварийности и тяжести ДТП в зависимости от времени суток, дня недели, времени года на основе указанной пользователем выборки. Кроме того, распечатку списка ДТП или очагов аварийности можно делать непосредственно из редактора списка ДТП.

Технически ITSGIS реализована как клиент-серверная система, серверная часть которой (находясь резидентной в памяти) отвечает за пересчет и занесение в базу данных значений вычисляемых показателей за указанный период. Это увеличивает скорость работы клиентских приложений, убирая необходимость в дополнительных запросах к серверу. Клиентское приложение работает уже с конечным набором данных, находящимся в базе.

Для облегчения переноса данных из одного отдела организации в другой предусмотрена возможность экспорта/импорта и резервного копирования базы данных. Инструменты экспорта и импорта представлены отдельными исполняемыми модулями. Выделение их из основного модуля обусловлено, прежде всего, тем, что существует несколько способов экспорта и импорта: ручной (данные экспортируются в файл, который переносится на дискете или передается по сети) и автоматический (клиент подключается к удаленному серверу и передает ему данные, которые импортируются в удаленную базу без участия пользователя с серверной стороны). Клиенту возвращается результат импорта. Т.к. объем экспортируемых данных может оказаться довольно внушительным, перед передачей данные сжимаются с помощью алгоритма VZIP2. Существует несколько политик экспорта данных, определяющих, какие записи подлежат экспорту. Возможные варианты: данные за указанный период (фильтрация по дате ДТП или по дате изменения БД), ни разу не экспортированные данные, повтор предыдущего экспорта. Аналогично,



существует несколько политик импорта, определяющих поведение модуля импорта при конфликте версий. Так, можно оставлять более новую запись или перезаписывать все записи принудительно.

Инструмент поиска очагов аварийности выполняется на одном компьютере вместе с сервером баз данных. Он не имеет пользовательского интерфейса и представляет собой WindowsNT-сервис. Поиск очагов аварийности происходит либо по запросу пользователя, либо с заданной периодичностью. ITSGIS учета оперативных данных по обеспечению безопасности дорожного движения реализована с использованием С#. В настоящий момент ITSGIS используется в населенных пунктах России.

### Литература

1. Волошин Г.Я., Мартынов В.П., Романов А.Г. Анализ дорожно-транспортных происшествий. – М. : Транспорт, 1987. – 240 с.
2. Автоматизация проектирования вычислительных систем. Языки, моделирование и базы данных // Под ред. М. Брейера: Пер. с англ. - М.: Мир, 1979. - 463 с.
3. Рокицкий Р.Б. Объектно-ориентированные базы данных с использованием реляционных СУБД // Кибернетика и системный анализ. 2000. № 6. С. 27 – 38.
4. Кудинов, А.В. Геоинформационные технологии в задачах управления пространственными сетями / А.В. Кудинов // Геоинформатика-2000 : труды междуна. научн.-практ. конф. – Томск : Изд-во Томского ун-та, 2000. – С. 224 – 229.
5. Михеева Т.И. Система медийного автоматизированного мониторинга автомобильных дорог / Т.И. Михеева, О.К. Головнин // Актуальные проблемы автотранспортного комплекса: межвуз. сб. науч. статей. – Самара, Самар. гос. техн. ун-т, 2013. – С. 193-198.
6. Михеева Т.И. Геоинформационная система наблюдения за улично-дорожной сетью города /Труды 5 международной междисциплинарной научно-практической конф. «Современные проблемы в науке и образовании». - Алушта-Харьков: Харьковский нац. ун-т им. В.Н. Каразина, - 2004. - С. 202.
7. Михеева Т.И., Головнин О.К. Геоинформационная платформа для корпоративных информационных систем учета объектов городской инфраструктуры // Геоинформационные технологии в проектировании и создании корпоративных информационных систем : межвузовский науч. сборник. – Уфа : Изд-во УГАТУ, 2013. – С. 19–26.
8. Сидоров А.В. Построение геоинформационной модели объектов транспортной инфраструктуры / Сидоров А.В., Головнин О.К. // Труды II Международной конференции «Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений». – Уфа : Изд-во УГАТУ, 2014. – С. 165–169.
9. Михеева Т.И. Модель пространственных данных оценки состояния объектов транспортной инфраструктуры в интеллектуальной ГИС «ITSGIS» /



Т.И. Михеева, А.А. Федосеев, О.А. Япрынцева, О.К. Головнин // Геоинформационные технологии в проектировании и создании корпоративных информационных систем. – Уфа: Уфимский гос. авиационный технический ун-т, 2013. – С. 68-72.

10. Михеева Т.И., Головнин О.К. Привязка объекта к слою электронной карты с целью выявления мест концентрации дорожно-транспортных происшествий // IT & Транспорт : сб. науч. статей. – Самара : Интелтранс, 2014. – Т. 1. – С. 113–122.

С.А. Никищенков, В.В. Асабин, М.А. Семенкина

## КОНТРОЛЬ И ДИАГНОСТИКА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛЕЙ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

(Самарский государственный университет путей сообщения)

Расширение процессного подхода для повышения эффективности основных видов деятельности в ОАО «РЖД» определяет необходимость разработки и внедрения методов контроля и диагностики процессов [1].

Параллелизм транспортных технологических процессов является естественным, поскольку фактически существует множественный характер грузов, перевозок, транспортных средств, объектов инфраструктуры. На железнодорожном транспорте широко используются различные специализированные описания параллельных (одновременных) процессов, в т.ч. графики исполненного движения поездов, графики работы станций, сетевые графики ремонтных работ и другие.

Контроль и диагностика многооперационных технологических процессов в общем случае включают в себя следующие проверки: «процесс соответствует технологии по набору операций?», «ресурсы и их характеристики соответствуют заданным требованиям в начале и в конце операций и всего процесса?», «операции выполнялись вовремя и в нужном порядке?» и другие.

Актуальной является проблема создания и использования адекватных, формализованных и операбельных описаний железнодорожных многооперационных процессов и их диагностических моделей [2].

Граф-схемные описания процесса дают существенный эффект при исследовании его структуры (операции, связи, порядок), характеристик (исходные данные, их преобразование и результат; время выполнения и производительность) и особенностей (изменчивость, реконфигурации, конвейерность).

Традиционно модели параллельных вычислений позволяют исследовать внутренний параллелизм технологии и возможные конфигурации технологического процесса; сократить время выполнения и повысить производительность обработки ресурсов; исследовать возможность



конвейерной реализации технологии; проанализировать наличие конкуренций между операциями и процессами [3-6].

Модели параллельных вычислительных процессов, применяемые для повышения производительности систем, могут быть продуктивно использованы для контроля и диагностики транспортных процессов, с соответствующей интерпретацией и развитием методов в части получения новых формальных выражений дефектов (несоответствий предписанной технологии) и алгоритмов их обнаружения [2]. Это обусловлено тем, что распараллеливание программ связано с детальным исследованием информационного базиса (совокупности данных в программе), а контроль и диагностика транспортных процессов имеет конечной целью проверку правильности выполнения технологии и предотвращение потерь материальных и других ресурсов при возникновении дефектов.

Контроль и диагностику технологических процессов целесообразно осуществлять на уровне операций, поскольку на нем определён состав, упорядоченность, логическая обусловленность и конфигурация процесса. При этом обеспечивается оперативность и полнота обнаружения дефектов, минимальные потери ресурсов от них и приемлемые затраты на организацию системы диагностики, т.е. высокая эффективность диагностирования [2].

К моделям параллельных вычислений, применяемым для описания, анализа, контроля и диагностики технологических процессов, относятся схемы статического параллелизма - параллельные граф-схемы алгоритмов (ПГСА), параллельно-последовательные схемы, ярусно-параллельные схемы (ЯПС), и схемы динамического параллелизма - А-схемы Котова-Нариньяни, спусковые функции, билогические графы и информационно-логические схемы (ИЛС) [2]. Все они относятся к классу операторных схем, которые представляют собой формализованное описание процесса как множества логически обусловленных реализаций заданной технологии с использованием графических обозначений операций и связей между ними, аналогично схемам теоретического программирования [6]. Примеры операторных схем представлены на рис. 1.

ПГСА на рис. 1а описывает технологию с точностью до операций в двух ветвях и содержит специальные операторы распараллеливания последовательных ветвей процесса *fork*, ожидания события *wait* и объединения ветвей *join*. На рис. 1б показана асинхронная схема процесса и распределение операторов на 4 яруса, в каждом из которых операторы независимы и параллельны по ресурсным переменным. На рис. 1в ИЛС имеет символы И и Исключающее ИЛИ, характерные для билогических графов. При этом все схемы интерпретируют один фрагмент технологии.

Классический подход к разработке диагностического обеспечения заключается в том, что диагностическая модель процесса представляется как совокупность его схемы и множества дефектов ее элементов [7]. При этом дефект элемента есть несоответствие фактического элемента требуемому, т.е. один из вариантов замены (на пустой элемент; на другой элемент того же множества модели; на элемент, не принадлежащий этому множеству); дефекты



множества включают дефекты его элементов и дефекты наличия лишних элементов. Диагностические модели для каждого вида операторных схем представляются в виде дерева дефектов [2,8].

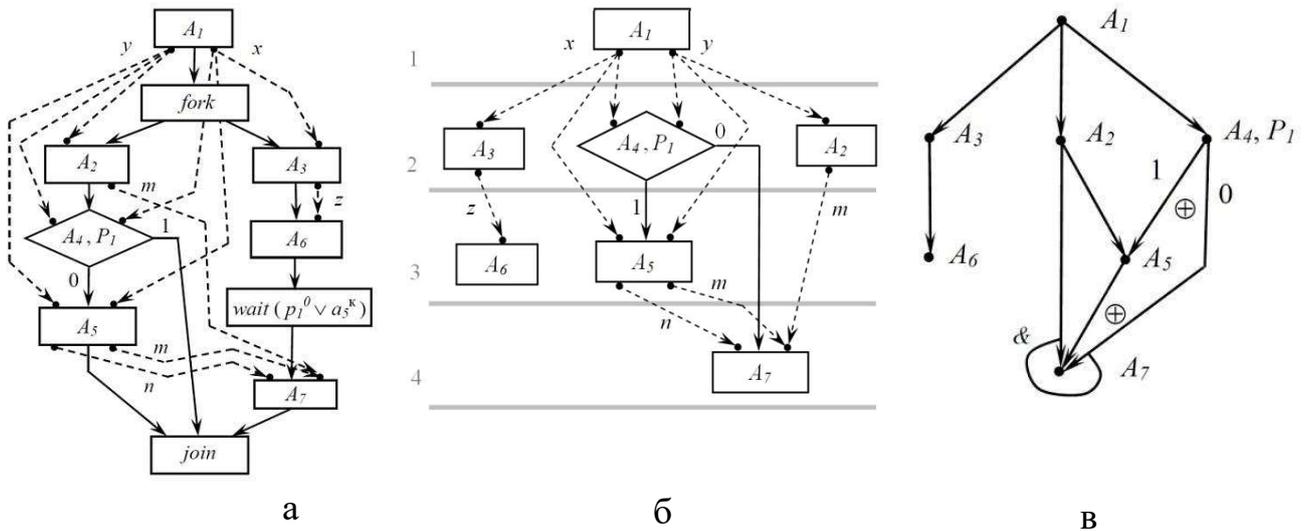


Рис. 1. Примеры операторных схем (а - ПГСА, б - ЯПС, в - ИЛС)

В [2] представлен другой способ формирования диагностической модели, основанный на описании совокупности признаков событий в характерных точках схемы процесса, например в начале и окончании оператора.

При использовании ЯПС в качестве диагностической модели технологического процесса контроль выполнения технологического процесса осуществляется путем проверки «все ли операторы текущего яруса выполнены при переходе на следующий?».

В развитии подхода применительно к процессам перевозки грузов и пассажиров в [2,7] предложены координатные схемы, в которых операторам поставлены в соответствие координаты времени и пространства (рис. 2).

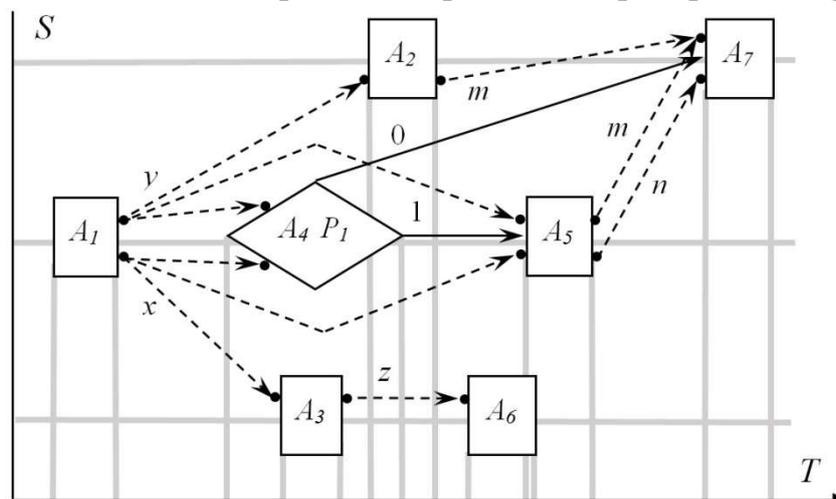


Рис. 2. Пример координатной операторной схемы процесса



Соответственно в диагностическую модель процесса на основе координатной схемы входят дефекты несоответствия заданным параметрам координат, например по превышению допустимых нормируемых отклонений.

Преимущества параллельных моделей особенно проявляются в задачах диагностики реконфигурируемых процессов, что обусловлено возможностью формирования их диагностического инварианта на основе ИЛС и спусковых функций операторов [2].

Для контроля и диагностики железнодорожного технологического процесса, осуществляемых в ходе его выполнения, необходимо иметь цифровую систему обнаружения дефектов, состоящую из средства диагностики (программные модули или сторожевой процессор) и диагностического обеспечения (диагностическая модель, способы и алгоритмы обнаружения дефектов). Алгоритмы обнаружения могут быть основаны на сравнении меток (тегов) операций и ресурсных переменных операторной схемы, для чего предварительно осуществляется их разметка. Следует отметить, что не только теория параллельных вычислений, но и архитектуры параллельных ЭВМ могут быть использованы в качестве аналогов при построении высокопроизводительных средств контроля и диагностики.

К проблемным вопросам организации контроля и диагностики железнодорожных процессов с использованием параллельных операторных схем относятся: обеспечение программно-аппаратного доступа к диагностируемой АСУ; наличие статистики по дефектам с рейтинговыми оценками; автоматизация построения схем и возможность использования стандартизированных описаний; внедрение разработок в условиях инновационных регламентов ОАО «РЖД»; моделирование правильных и дефектных процессов; ограничения подхода при ориентации на предиктивную диагностику.

### Литература

1. О программе мероприятий по расширению применения процессного подхода в управлении холдингом «Российские железные дороги» [Текст]: распоряжение ОАО «РЖД» от 23 августа 2017 г. № 1712р. - М., ОАО «РЖД», 2017. - 4 с.
2. Никищенков С.А. Диагностика железнодорожных процессов на основе операторных схем [Текст]. / С.А. Никищенков. - Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing, 2015. - 349 с.
3. Воеводин В.В. Параллельные вычисления [Текст]. / В.В. Воеводин., Вл.В. Воеводин. - СПб.: БХВ-Петербург, 2002. - 608 с.
4. Фундаментальные и прикладные исследования в области параллельных вычислений: [Электронный ресурс] URL: <https://parallel.ru/research> (Дата обращения: 21.03.2020).
5. Касьянов В.Н., Евстигнеев В.А. Графы в программировании: обработка, визуализация и применение [Текст]. / В.Н. Касьянов, В.А. Евстигнеев. - СПб.: БХВ-Петербург, 2003. - 1104 с.



6. Вальковский В.А. Элементы параллельного программирования [Текст]. / В.А. Вальковский, В.Е. Котов, А.Г. Марчук, Н.Н. Миренков. - М. : Радио и связь, 1983. - 240 с.

7. Карибский В.В. Основы технической диагностики: модели объектов, методы и алгоритмы диагноза [Текст]. / В.В. Карибский, П.П. Пархоменко, Е.С. Согомонян, В.Ф. Халчев. - М: Энергия, 1976. - 464 с.

8. Andronchev I.K., Nikishchenkov S.A., Romanova P.B. Theoretical and multiple model of transport multi-operational reconfigurable processes // Advances in Intelligent Systems and Computing. VIII International Scientific Siberian Transport Forum TransSiberia 2019, 2020. Volume 1116 (2), pp. 1054-1063.

В.М. Солдаткин, В.В. Солдаткин, Е.С. Ефремова, К.Н. Прохоров

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАНАЛОВ ВОСПРИЯТИЯ ИНФОРМАЦИИ НА ПОВЕРХНОСТИ НЕПОДВИЖНОГО НЕВЫСТУПАЮЩЕГО ПРИЕМНИКА НАБЕГАЮЩЕГО ПОТОКА\*

(Казанский национальный исследовательский технический университет  
им. А.Н.Туполева-КАИ)

Измерение воздушных сигналов самолета осуществляется с помощью вынесенных в набегающий воздушных поток приемников и датчиков первичной информации, что нарушает аэродинамические характеристики, усложняют конструкцию системы воздушных сигналов (СВС), является причиной дополнительных погрешностей измерительных каналов [1].

Значительные конкурентные преимущества обеспечиваются при построении СВС самолета с одним неподвижным невыступающим приемником набегающего потока на основе ионно-меточного датчика аэродинамического угла и истинной воздушной скорости с отверстием-приемником статического давления, расположенным на внешней обтекаемой поверхности датчика [2].

Нетрадиционный способ восприятия статического давления в СВС с неподвижным невыступающим приемником набегающего потока обуславливает необходимость проведения имитационного моделирования канала восприятия статического давления отверстием-приемником, расположенным на обтекаемой поверхности ионно-меточного датчика.

Широкими возможностями и простотой пользования при моделировании газодинамических процессов обтекания обладает программная среда SolidWorks с дополнением Flow Simulation [3], что определило использование ее для имитационного моделирования канала восприятия статического давления набегающего воздушного потока с помощью отверстия-приемника, расположенного на обтекаемой поверхности ионно-меточного датчика.

---

\* Работа выполнена по гранту РФФИ №18-08-00264



Решение поставленной задачи начинается с построения 3D-модели отверстия-приемника статического давления на обтекаемой поверхности ионно-меточного датчика, которая представлена на рис. 1.

Такая модель представляет собой диск диаметром 60 мм и высотой 5 мм с входной кромкой под углом  $30^\circ$ . Для забора статического давления на обтекаемой поверхности диска расположено отверстие диаметром 2,5 мм с входной фаской под углом  $90^\circ$  на глубину 1 мм.

На начальном этапе имитационного моделирования запускается мастер проекта и задаются все параметры имитационной модели в программной среде SolidWorks Flow Simulation, как показано на рис. 2.

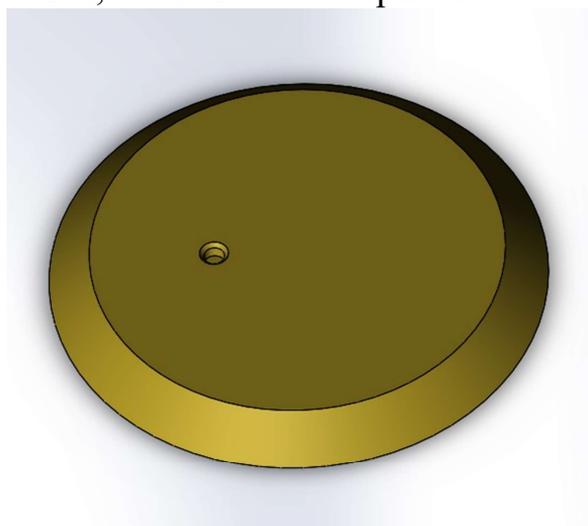


Рис. 1. Имитационная модель восприятия статического давления на обтекаемой поверхности ионно-меточного датчика

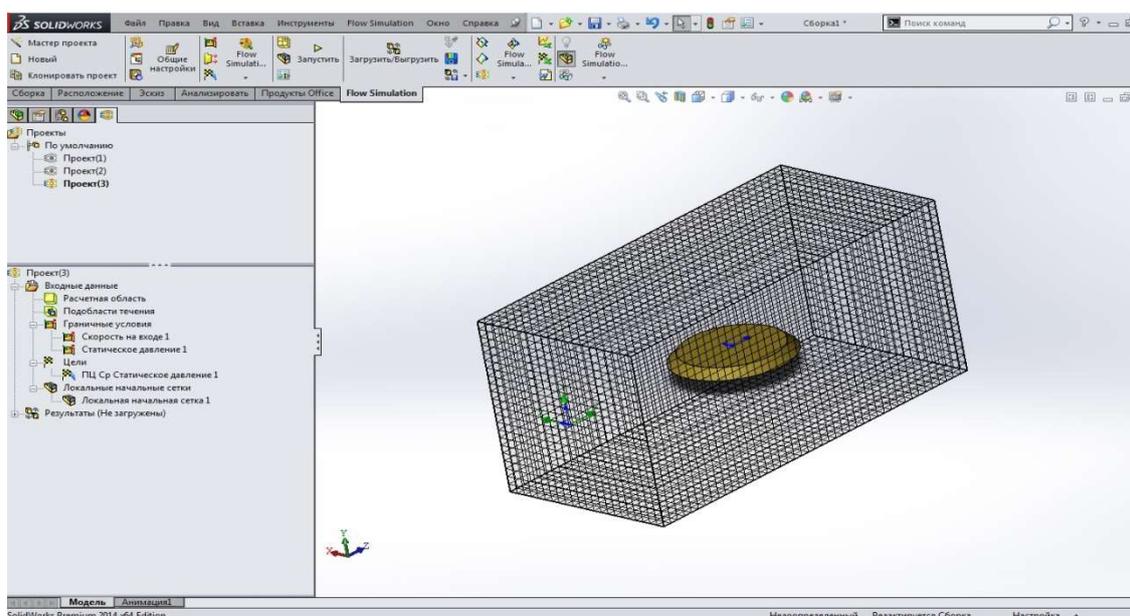


Рис. 2. Рабочая панель задания параметров имитационного моделирования в среде SolidWorks Flow Simulation



При активации мастера проекта появляется рабочее окно, в котором необходимо задать название проекта, выбрать единицы измерения в системе СИ, задать стационарную задачу; текущую среду – воздух и уровень разрешения глобальной сетки, равной 7. После задания общих настроек проекта, необходимо задать граничные условия для проекта: скорость на выходе и статическое давление окружающей среды. Для определения воспринимаемого статического давления необходимо задать поверхностные цели отверстия.

Имитационное моделирование канала восприятия статического давления на обтекаемой поверхности неподвижного приемника проводилось для значений скорости  $V$  воздушного потока: 5 м/с, 50 м/с, 100 м/с, 200 м/с, при значениях угла  $\alpha$  скоса потока в вертикальной плоскости:  $0^\circ$ ,  $+5^\circ$ ,  $+15^\circ$ .

На рис. 3 представлена траектория и картина распределения статического давления на обтекаемой поверхности при скорости  $V=50$  м/с и угле скоса  $\alpha=0^\circ$ .

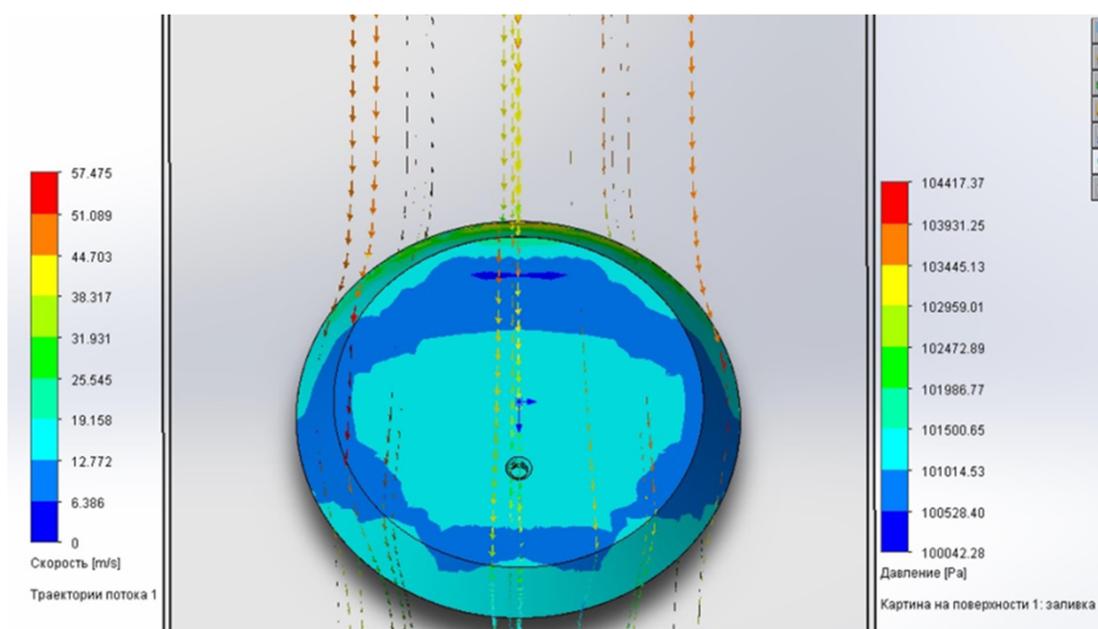


Рис. 3. Картина распределения статического давления по обтекаемой поверхности имитационной модели

На рис. 4 иллюстрируется изменение во времени воспринимаемого статического давления при скорости потока  $V=50$  м/с и угле скоса  $\alpha=0^\circ$ . Видно, что воспринимаемое давление стабильно во времени, отклонение воспринимаемого статического давления от нормального давления окружающей среды (101325 Па) при  $V=50$  м/с и угле скоса  $\alpha=0^\circ$  не превышает 0,3%.

В таблице приведены значения воспринимаемого статического давления при имитационном моделировании для других значений скорости набегающего воздушного потока  $V$  и угла скоса потока  $\alpha$ .



Как показывает анализ, отклонения воспринимаемого статического давления от давления окружающей среды при изменении скорости набегающего воздушного потока до 200 м/с и углах скоса потока в диапазоне  $\pm 15^\circ$ , можно оценить значением относительной погрешности, не превышающим  $\pm 4\%$ , что соответствует требованиям, предъявляемым к бортовым приемникам статического давления [2]. Результаты моделирования показали, что отверстие-приемник статического давления, выполненное с фаской на входе, имеет меньшую погрешность, чем отверстие без фаски. Однако наличие фаски приводит к появлению ярковыраженной пульсационной составляющей воспринимаемого давления, что затрудняет получение сигнала по производной, необходимого для определения вертикальной скорости.

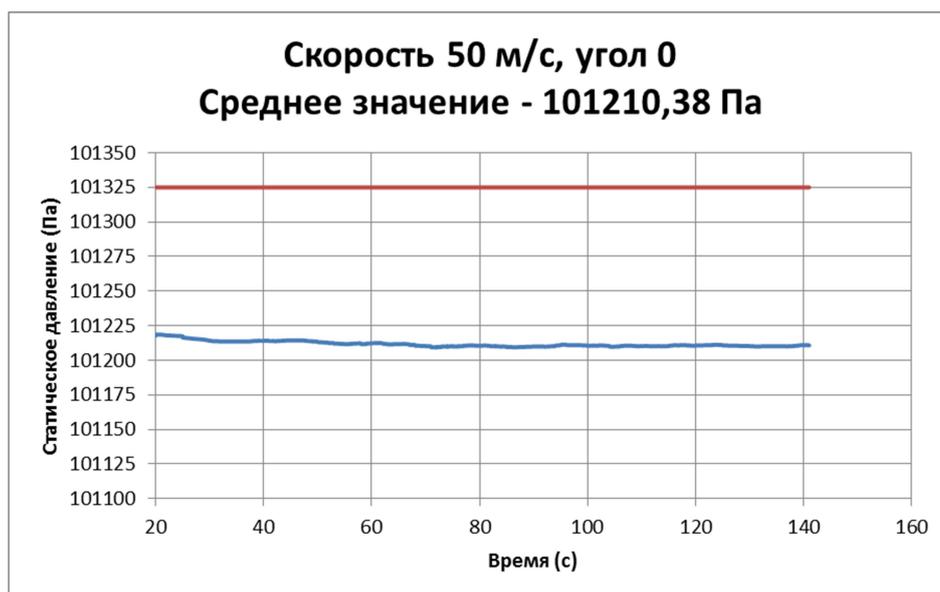


Рис. 4. Кривая изменения воспринимаемого статического давления за время численного эксперимента

Таблица

Угол $\alpha$ , °	Скорость $V_B$			
	5 м/с	50 м/с	100 м/с	200 м/с
-15	101322 Па	101451 Па	101806 Па	103311 Па
-5	101326 Па	101513 Па	102037 Па	103582 Па
0	101323 Па	101210 Па	100844 Па	98890 Па
5	101323 Па	101167 Па	100646 Па	97959 Па
15	101322 Па	101170 Па	100851 Па	97416 Па

Таким образом, результаты имитационного моделирования свидетельствуют о соответствии отверстия-приемника статического давления, расположенного на обтекаемой поверхности неподвижного невыступающего



приемника, регламентируемым требованиям и обосновано выбирать его конструктивные параметры.

### Литература

[1] Клюев Г.И., Макаров Н.Н., Солдаткин В.М., Ефимов И.П. Измерители аэродинамических параметров летательных аппаратов: Учебное пособие / Под ред. В.А. Мишина. Ульяновск: Ул ГТУ, 2005. 509 с.

[2] Солдаткин В.М., Солдаткин В.В., Крылов Д.Л. Теоретические основы построения системы воздушных сигналов самолета с неподвижным невыступающим приемником потока // Мехатроника, автоматизация, управление. 2017. Том 18. №7. С. 495-502.

[3] Алямовский А.А. Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation. М.: ДМК Пресс, 2010. 464 с.

В.М. Солдаткин, В.В. Солдаткин, А.В. Никитин, И.Э Бахтиев

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМЫ ВОЗДУШНЫХ СИГНАЛОВ САМОЛЕТА С НЕПОДВИЖНЫМ НЕВЫСТУПАЮЩИМ ПРИЕМНИКОМ НАБЕГАЮЩЕГО ВОЗДУШНОГО ПОТОКА\*

(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н.Туполева-КАИ)

Раскрываются особенности обеспечения помехоустойчивости системы воздушных сигналов (СВС) с неподвижным невыступающим приемником набегающего воздушного потока [1] с использованием аэромеханической измерительно-вычислительной системы, реализующей метод VIMI [2], который базируется на использовании равновесия (баланса) сил и моментов, действующих на самолет в данный момент времени. Такое равновесие отражается в системе дифференциальных уравнений, описывающей движение самолета в продольной и боковой плоскостях, на других характерных режимах полета. Моделируя в полете уравнения движения самолета по параметрам движения, измеренным с высокой точностью на данном этапе или режиме полета с помощью невыступающих в поток приемников, проводится восстановление «плохоизмеряемых» воздушных сигналов, входящих в уравнения движения самолета, с использованием наблюдателя Люэнбергера [3]. Система дифференциальных уравнений, моделирующая движение самолета на данном режиме полета, с использованием метода пространства состояний представляется в виде системы векторно-матричных уравнений вида

$$\dot{X} = AX + BU; Y = CX, \quad (1)$$

где  $A$  – матрица системной характеристики самолета;

\* Работа выполнена по гранту РФФИ №18-08-00264



$X = [V_B, \alpha, \beta, H, V_{\Pi}, \varphi_c, \omega_x, \omega_y, \omega_z, \gamma, \vartheta, \psi]^T$  – вектор состояния самолета с фазовыми координатами, определяющими истинную воздушную скорость  $V_B$ , углы атаки  $\alpha$  и скольжения  $\beta$ , абсолютную высоту полета  $H$ , путевую скорость  $V_{\Pi}$  и угол сноса  $\varphi_c$ , угловые скорости  $\omega_x, \omega_y, \omega_z$ , вращения самолета относительно осей связанной системы координат, углы крена  $\gamma$ , тангажа  $\vartheta$  и рыскания  $\psi$ ;  $U = [\delta_3, \delta_H, \delta_3, \delta_B, \delta_T]$  – вектор управления с фазовыми координатами, определяющими углы отклонения элеронов  $\delta_3$ , руля направления  $\delta_H$ , закрылков  $\delta_3$ , руля высоты  $\delta_B$  и рукоятки управления тягой  $\delta_T$ ;  $B$  – матрица управления;  $C$  – матрица измерения фазовых координат самолета.

Согласно теории Люэнбергера [4], с помощью наблюдателя за состоянием динамического объекта – самолета на основе известных (измеряемых) величин можно прийти к неизвестным (неизмеряемым) данным о состоянии объекта.

На рисунке приведена схема, поясняющая работу аэромеханической измерительно-вычислительной системы воздушных сигналов самолета.

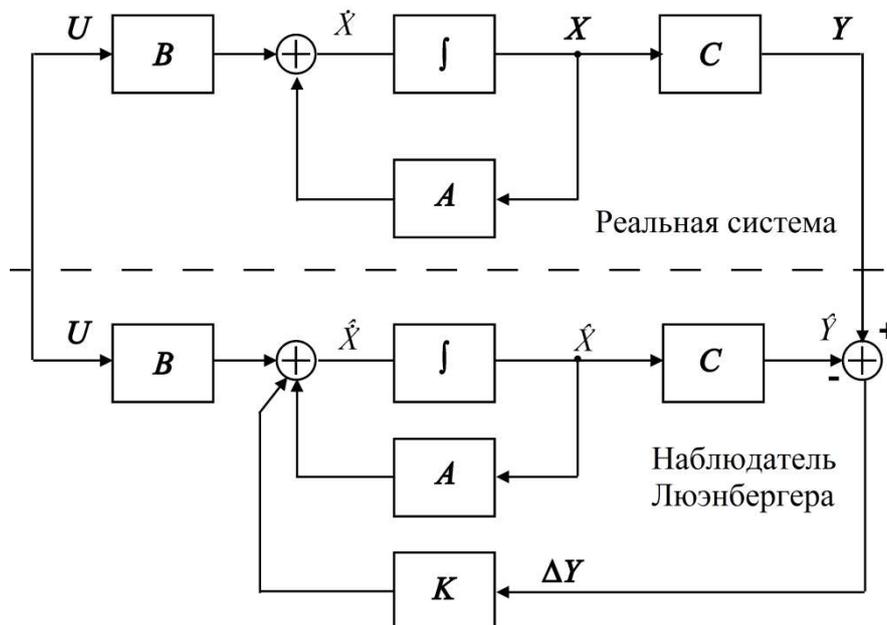


Рис. 1. Схема аэромеханической измерительно-вычислительной системы с наблюдателем Люэнбергера

Верхняя часть схемы моделирует динамику реального управляемого движения самолета в соответствии с системой (1). Нижняя часть определяет структуру и алгоритмы функционирования наблюдателя Люэнбергера, формирующего оценку  $\hat{Y}$  определяемых фазовых координат самолета по результатам моделирования. С помощью обратной связи разность  $\Delta Y = Y - \hat{Y}$  измеренных  $Y$  и оцененных  $\hat{Y}$  величин и ее усиления на матрицу  $K$  переходная характеристика оператора Люэнбергера подбирается таким образом, чтобы минимизировать разность  $\Delta Y$ . При этом матрица усиления  $K$  находится по методу фильтра Калмана-Бьюси [5].



Система дифференциальных уравнений, описывающих наблюдатель Люэнбергера, имеет вид

$$\dot{\hat{X}} = A\hat{X} + BU + KC(X - \hat{X}), \quad (2)$$

где  $\hat{X}$  – оценка вектора состояния  $X$ , формируемая оператором Люэнбергера.

Следовательно, подавая в вычислительный блок наблюдателя Люэнбергера измеренные значения положений органов управления, угловых скоростей вращения вокруг осей связанной системы координат, углов крена, рыскания и тангажа, путевой скорости и угла сноса, можно вычислить значения воздушных сигналов самолета на различных режимах полета.

Выходные сигналы аэромеханической измерительно-вычислительной системы (ИВС) предлагается использовать в качестве комплексированных каналов комплексной системы воздушных сигналов самолета с неподвижным невыступающим приемником потока.

Проведем оценку эффективности такого комплексирования на примере комплексного канала истинной воздушной скорости, принимая, что в выходных сигналах ионно-меточного датчика СВС с неподвижным невыступающим приемником потока и аэромеханической ИВС присутствуют аддитивно наложенные на полезные сигналы случайные погрешности  $\xi_1(t)$  и  $\xi_2(t)$ .

Корреляционную функцию случайной погрешности  $\xi_1(t)$  ионно-меточного датчика можно представить в виде [6]

$$K_{\xi_1}(\tau) = \sigma_1^2 e^{-a_1|\tau|} \left[ \cos b_1\tau + \frac{a_1}{b_1} \sin b_1\tau \right], \quad (3)$$

где  $\sigma_1$ ,  $a_1$  и  $b_1$  – параметры, определяющие преобладающий уровень и спектр частот случайных пульсаций в месте установки на фюзеляже ионно-меточного датчика. Корреляционную функцию случайной погрешности определения истинной воздушной скорости в канале аэромеханической ИВС можно представить в виде [3]

$$K_{\xi_2}(\tau) = \sigma_2^2 e^{-a_2|\tau|} (1 + a_2|\tau|), \quad (4)$$

где  $\sigma_2$ ,  $a_2$  – параметры, определяющие преобладающий уровень аддитивной и мультипликативной составляющей случайной погрешности системы.

Если передаточную функцию канала истинной воздушной скорости аэромеханической ИВС, принять в виде колебательной модели:

$$W_2(p) = \frac{1}{1 + 2\alpha Tp + T^2 p^2}, \quad (5)$$

где  $\alpha$  и  $T$  – параметры передаточной функции. Тогда при использовании схемы комплексирования с одним фильтром передаточная функция  $W_\Phi(p)$  корректирующего фильтра будет иметь вид:

$$W_\Phi(p) = \frac{1}{T^2} \frac{1 + 2\alpha Tp}{p}. \quad (6)$$



Спектральные плотности мощности погрешностей комплексированных каналов, соответствующие корреляционным функциям вида (3), (4) будут равны

$$S_{\xi_1}(\omega) = \frac{2\sigma_1^2 a_1}{\pi} \frac{a_1^2 + b_1^2}{(\omega^2 + a_1^2 - b_1^2)^2 + 4a_1^2 \omega^2}; \quad S_{\xi_2}(\omega) = \frac{2\sigma_2^2 a_2}{\pi} \frac{1}{\omega^2 + a_2^2}. \quad (7)$$

Тогда дисперсии составляющих остаточной динамической погрешности комплексного канала измерения истинной воздушной скорости будут определяться соотношениями:

$$D_1 = \frac{2\sigma_1^2 a_1}{\pi} (a_1^2 + b_1^2) \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{|1 + 2\alpha T j \omega|^2}{(\omega^2 + a_1^2 - b_1^2)^2 + 4a_1^2 \omega^2} \cdot \frac{1}{[1 + 2\alpha T j \omega + T^2 (j\omega)^2]^2} d\omega;$$

$$D_2 = \frac{2\sigma_2^2 a_2}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{|T^2 (j\omega)^2|^2}{(\omega^2 + a_2^2)[1 + 2\alpha T j \omega + T^2 (j\omega)^2]^2} d\omega. \quad (8)$$

Если ввести следующие обозначения для верхнего канала фильтрации  $d_0 = T^2$ ;  $d_1 = 2T(\alpha + a_1 T)$ ;  $d_2 = 1 + (a_1^2 + b_1^2)T^2 + 4\alpha a_1 T$ ;  $d_3 = 2[a_1 + \alpha T(a_1^2 + b_1^2)]$ ;  $d_4 = (a_1^2 + b_1^2)$ ;  $g_0 = g_1 = 0$ ;  $g_2 = -4\alpha^2 T^2$ ;  $g_3 = 1$  и аналогичные обозначения для нижнего канала фильтрации  $d_0 = T^2$ ;  $d_1 = 2T(\alpha + a_2 T)$ ;  $d_2 = 1 + a_2^2 T^2 + 4\alpha T$ ;  $d_3 = 2[a_2 + \alpha a_2^2 T]$ ;  $d_4 = a_2^4$ ;  $g_0 = g_2 = g_3 = 0$ ;  $g_1 = T^4$ , тогда выражение для определения дисперсий  $D_1$  и  $D_2$  составляющих остаточной погрешности комплексного канала измерения истинной воздушной скорости принимает вид:

$$D_i = \frac{d_4 d_1 g_3 + g_3 (d_0 d_3 - d_1 d_2)}{2d_4 (d_0 d_3^2 + d_1^2 d_4 - d_1 d_2 d_3)}, \quad (9)$$

где  $i$  – номер составляющих остаточной погрешности комплексного канала.

При значениях:  $\sigma_1 = 1,5$  м/с,  $a_1 = 0,01$  с<sup>-1</sup>,  $\sigma_2 = 3$  м/с,  $a_2 = 0,1$  с<sup>-1</sup> и параметрах корректирующего фильтра  $\alpha = 1$  с<sup>-1</sup>,  $T = 40$  с дисперсия суммарной остаточной погрешности комплексной системы будет равна  $D = 53,4 \cdot 10^{-2}$  (м/с)<sup>2</sup>;  $\sigma_V = \sqrt{D} = 0,73$  м/с = 2,63 км/ч.

Таким образом, комплексирование системы воздушных сигналов самолета с неподвижным невыступающим приемником потока и аэромеханической ИВС позволяет существенно повысить помехоустойчивость комплексной системы в реальных условиях эксплуатации.

### Литература

- [1] Крылов Д.Л., Солдаткин В.М., Солдаткина Е.С. Система воздушных сигналов самолета с неподвижным приемником потока // Известия вузов. Авиационная техника. 2015. №4. С. 99-104.
- [2] Порунов А.А., Солдаткин В.В., Солдаткин В.М. Измерительно-вычислительная система определения малых воздушных скоростей вертолета // Авиакосмическое приборостроение. 2004. №11. С. 43 – 51.



[3] Солдаткин В.В. Система воздушных сигналов вертолета на основе неподвижного аэрометрического приемника и информации аэродинамического поля вихревой колонны несущего винта: Монография Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та. 2012. 284 с.

[4] Матросов В.М., Анапольский А.Ю., Васильев С.Н. Принцип сравнения в математической теории систем. Новосибирск: Наука, 1979. 481 с.

[5] Солодов А.В. Методы теории систем в задачах непрерывной фильтрации. М.: Наука, 1976. 264 с.

[6] Макаров Н.Н. Система обеспечения безопасности функционирования бортового эргатического комплекса: теория, проектирование, применение / Под ред. докт. техн. наук В.М. Солдаткина. М.: Машиностроение / Машиностроение-Полет, 2009. 760 с.

Е.М. Тарасов, А.А. Булатов, А.Г. Исайчева, А.Е. Тарасова

## ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТОКОПРОВОДЯЩИХ СТЫКОВ

(Самарский государственный университет путей сообщения)

Иерархическая структура системы диагностирования предполагает обработку и анализ части информации на различных уровнях, что значительно повышает надежность функционирования объекта диагностики, т.к. уменьшается количество передаваемой информации, повышается эффективность межуровневых каналов передачи информации и существенно сокращается время устранения неисправности, т.к. обслуживающий персонал получает информацию непосредственно из нижнего уровня систем диагностики, а не из центра мониторинга и диагностики (верхний уровень) после фиксации события, протоколирования [1]. Аналогичный подход приемлем при диагностировании систем электрической централизации. При этом всю стационарную технологическую аппаратуру можно отнести ко второму (среднему) уровню иерархии. На нижнем, третьем уровне системы диагностирования контролю подвергаются стационарные рельсовые цепи, стрелочно-путевые секции, электроприводы и т.д. Наиболее сложным диагностируемым элементом стрелочно-путевых секций являются контроль стыковых соединителей, т.к. секции разветвленные, стыковые соединители рассредоточены вдоль по рельсовым линиям [2,3].

Рассмотрим принцип организации диагностики и мониторинга сопротивления токопроводящих стыков (ТПС) для типичной горловины станции с двумя ответвлениями и одним главным путем с автономной обработкой информации на третьем уровне (рис.1).

Стрелочно-путевая секция оборудована рельсовой цепью, и каждый путь контролируется индивидуальным приемником информации:  $Z_{n1}$ ,  $Z_{n2}$  и  $Z_{n3}$ . Так



как целью работы является разработка подхода диагностики токопроводящих стыков, согласующие элементы и дроссель-трансформаторы не диагностируются (их диагностика осуществляется иными методами), то они из графического изображения структурной схемы исключаются, а в качестве входного воздействия принимается синусоидальное напряжение источника питания на входе рельсового участка [4].

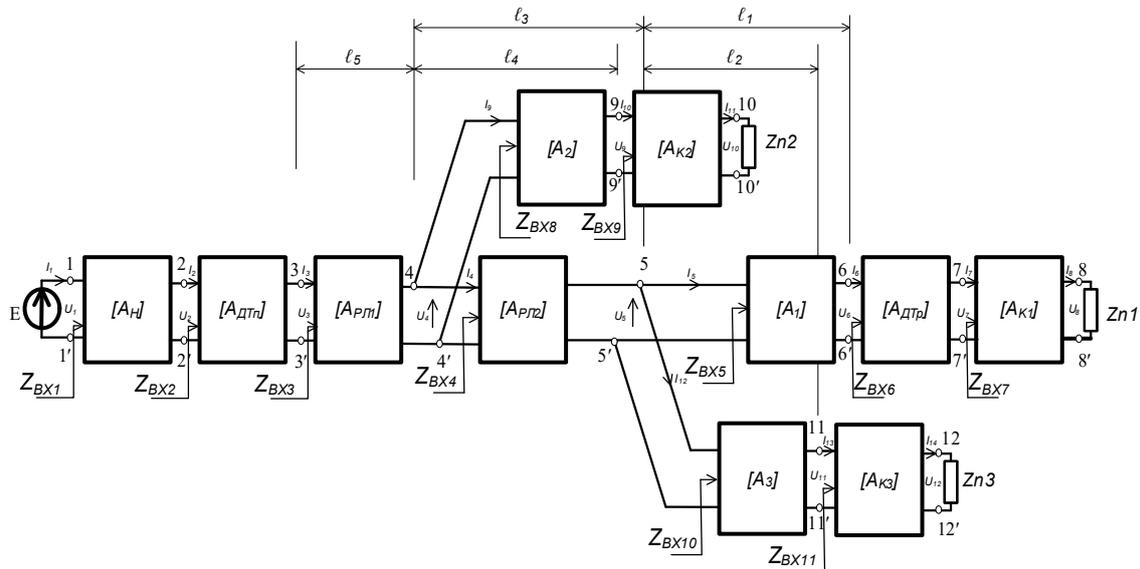


Рис. 1. Структурная схема стрелочно-путевой секции

Задача диагностики сопротивления токопроводящих стыков аналогична задаче распознавания непрерывно изменяющихся состояний объектов. Решать задачу диагностики сопротивлений ТПС необходимо с применением решающих функций (РФ), и задача заключается в нахождении зависимости функции сопротивления ТПС от некоторых изменяемых параметров ( $X$ ) при колебании сопротивления ТПС:

$$Z_i(X) = f(x_{ij}), \forall i = 1, 2 \dots n, j = 1, 2 \dots m,$$

где  $Z_i(X)$  – функция диагностики,  $x_{ij}$  – значения первичных информативных признаков, являющихся аргументами РФ, зависящих от состояния ТПС.

С целью упрощения процедуры диагностирования состояний токопроводящих стыков при технической реализации сначала принимается линейная диагностирующая функция, а затем, если точность диагностирования ТПС не удовлетворит априорно поставленным условиям, функции усложняются до нелинейных посредством процедуры обобщения [5].

Линейная диагностирующая функция  $Z(x)$  может быть записана в следующем виде:

$$Z(X) = k_0 + \sum_{i=1}^n k_i x_i \dots,$$



где коэффициенты  $k_0, k_i$  являются компонентами вектора  $k$ . Добавив в это уравнение члены, содержащие произведения двух компонент вектора  $k$ , получим квадратичную диагностирующую функцию:

$$Z(X) = k_0 + \sum_{i=1}^n k_i x_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n k_{ij} x_{ij} \dots$$

Продолжая вводить дополнительные члены, такие, как  $k_{ijk} x_i, x_j, x_k$ , можно получить класс полиномиальных диагностирующих функций.

$$Z(X) = k_0 + \sum_{i=1}^n k_i x_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n k_{ij} x_{ij} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n k_{ijk} x_{ijk} + \dots,$$

где  $k_0, k_i, k_{ij}, k_{ijk}$  - коэффициенты полинома,  $x_i, x_j, x_k$  - первичные информативные признаки объекта диагностики, аргументы диагностирующей функции,  $k_0 = 1$ .

Определение коэффициентов полинома удобно реализовать решением системы условных уравнений, где каждое из уравнений представляет собой диагностирующую функцию (уравнения сопротивления рельсовой линии) при определенном значении сопротивления токопроводящих стыков выбранной траектории (выбранного ответвления) [6]. Данный подход аналогичен методу многомерной аппроксимации.

В работе использована следующая процедура определения коэффициентов диагностирующей функции. В нормальном режиме работы рельсовой цепи на входе и выходе рельсовой линии измеряются комплексные амплитуды напряжений и токов, т.е.  $\dot{U}_1, \dot{I}_1, \dot{U}_2, \dot{I}_2$ . Эта информация используется в качестве аргумента уравнения вычисления сопротивления рельсовой линии,

$$Z_{pli} = \sum_{i=1}^{\alpha} k_i f(\dot{U}_1, \dot{I}_1, \dot{U}_2, \dot{I}_2),$$
 с помощью которой вычисляется фактическое

сопротивление рельсовой линии. В уравнении вычисления сопротивления рельсовой линии части определения коэффициентов  $k_i$  предварительно и однократно определяются следующим образом. Используя сформированное множество комплексных напряжений, токов по концам рельсовой линии  $\dot{U}_{1i}, \dot{I}_{1i}, \dot{U}_{2i}, \dot{I}_{2i}, i=1, 2, \dots, n$ , а также соответствующие каждому измеренному значению сопротивления рельсовых линий  $Z_{pli}$  при различных сопротивлениях изоляции рельсовых линий от минимального до максимального значений, формируется матрица  $m\{X_{ij}\}$ :



$$\left. \begin{array}{l} \text{при } g_1 \left\{ \begin{array}{l} \dot{U}_{11}, \dot{I}_{11}, \dot{U}_{21}, \dot{I}_{21} \in Z_{pl1} \\ \dot{U}_{12}, \dot{I}_{12}, \dot{U}_{22}, \dot{I}_{22} \in Z_{pl2} \\ \vdots \\ \dot{U}_{1n}, \dot{I}_{1n}, \dot{U}_{2n}, \dot{I}_{2n} \in Z_{pln} \end{array} \right. \\ \text{при } g_2 \left\{ \begin{array}{l} \dot{U}_{11}, \dot{I}_{11}, \dot{U}_{21}, \dot{I}_{21} \in Z_{pl1} \\ \dot{U}_{12}, \dot{I}_{12}, \dot{U}_{22}, \dot{I}_{22} \in Z_{pl2} \\ \vdots \\ \dot{U}_{1n}, \dot{I}_{1n}, \dot{U}_{2n}, \dot{I}_{2n} \in Z_{pln} \end{array} \right. \\ \vdots \\ \text{при } g_m \left\{ \begin{array}{l} \dot{U}_{11}, \dot{I}_{11}, \dot{U}_{21}, \dot{I}_{21} \in Z_{pl1} \\ \dot{U}_{12}, \dot{I}_{12}, \dot{U}_{22}, \dot{I}_{22} \in Z_{pl2} \\ \vdots \\ \dot{U}_{1n}, \dot{I}_{1n}, \dot{U}_{2n}, \dot{I}_{2n} \in Z_{pln} \end{array} \right. \end{array} \right\}.$$

Используя матрицы измеренных значений первичных информативных признаков, составляются системы уравнений сопротивления рельсовой линии

$$\left\{ \begin{array}{l} Z_{pl1} = \sum_{i=1}^{\alpha} k_i f(\dot{U}_{11}, \dot{I}_{11}, \dot{U}_{21}, \dot{I}_{21}), \\ Z_{pl2} = \sum_{i=1}^{\alpha} k_i f(\dot{U}_{12}, \dot{I}_{12}, \dot{U}_{22}, \dot{I}_{22}), \\ \vdots \\ Z_{plm} = \sum_{i=1}^{\alpha} k_i f(\dot{U}_{1n}, \dot{I}_{1n}, \dot{U}_{2n}, \dot{I}_{2n}). \end{array} \right.$$

Так как система не квадратная  $m \neq n$ , она приводится к квадратному виду путем перемножения на транспонированную матрицу и решается известными методами. В результате решения получают искомые коэффициенты  $k_0 - k_\alpha$ , которые и формируют уравнение сопротивления рельсовых линий, вида

$$Z_{pli} = \sum_{i=1}^{\alpha} k_i f(\dot{U}_1, \dot{I}_1, \dot{U}_2, \dot{I}_2).$$

Для диагностики сопротивлений ТПС стрелочно-путевых секций с двумя ответвлениями, являющихся элементами диагностики, необходимы 5 уравнений. С использованием программно математического пакета Mathcad, а также выше представленного алгоритма формирования уравнений вычислителя сопротивления рельсовой линии получены требуемые 5 уравнений. При этом в первом цикле диагностирования оцениваются сопротивления элементов РЛ1, РЛ3 (рис.2), во втором цикле - РЛ1, РЛ2 и РЛ4, а в третьем - РЛ1, РЛ2 и РЛ5.



Уравнения по критерию минимальной сложности упрощены путем последовательного исключения членов и проверки при каждой итерации величины относительной погрешности диагностирования (диагностирования величины сопротивления ТПС)  $\delta_{Z_i} \leq 10\%$ . Формула относительной погрешности вычисления сопротивления ТПС уравнением  $d(Z_i)$ , имеет вид:

$$\delta(Z_i) = \left( \frac{d(Z_i) - Z_i}{Z_i} \right), \quad i = 1, 2, \dots, n,$$

где  $Z_i$  – нормативное сопротивление стыка;

$d(Z_i)$  – значение сопротивления, вычисленное уравнением минимальной сложности.

В таблице 1 представлены коэффициенты 5 уравнений и максимальные значения относительной погрешности вычисления сопротивления ТПС.

Анализ результатов исследований показывает, что максимальное относительной погрешности составляет  $\delta(Z_{18}) = 3.39\%$ , а минимальное  $\delta(Z_{12}) = 3.365\%$ .

Таблица 1

$K \backslash N_{\text{тпс}}$	1	2	3	4	5
$K_1$	-12.475	-20.299	-28.333	-38.293	-51.392
$K_2$	-0.165	-0.04	0.075	0.215	0.39
$K_3$	2.276	2.304	2.395	2.47	2.614
$K_4$	-186.706	-166.659	-153.289	-135.802	-119.112
$K_5$	-0.966	-1.037	-1.097	-1.168	-1.229
$K_6$	0.427	0.416	0.418	0.437	0.47
$K_7$	-0.068	-0.068	-0.069	-0.072	-0.078
$K_8$	6.609	6.194	6.006	5.902	5.979
$K_9$	0.03	0.03	0.03	0.031	0.032
$K_{10}$	$-2.261 \cdot 10^{-3}$	$-2.122 \cdot 10^{-3}$	$-2.062 \cdot 10^{-3}$	$-2.101 \cdot 10^{-3}$	$-2.259 \cdot 10^{-3}$
$K_{11}$	0.485	0.544	0.587	0.697	0.832
$K_{12}$	-0.021	-0.027	-0.032	-0.037	-0.042
$K_{13}$	0.024	0.022	0.021	0.021	0.021
$K_{14}$	0.885	1.644	2.305	2.977	3.587
$K_{15}$	-2.816	-2.666	-2.586	-2.591	-2.657
$K_{16}$	$-9.05 \cdot 10^{-3}$	$-8.748 \cdot 10^{-3}$	$-8.533 \cdot 10^{-3}$	$-8.551 \cdot 10^{-3}$	$-8.651 \cdot 10^{-3}$
%	3.471	3.403	3.39	3.365	3.366

### Литература

1. Волик, В.Г. Микропроцессорный классификатор состояний рельсовых линий [Текст] / В.Г. Волик, Н.И. Харламова, В.М. Шумаков, А.Е. Тарасова // Вестник транспорта Поволжья. – 2017. – № 6. – С. 98-103.



2. Дмитренко, И.Е. Техническая диагностика и автоконтроль систем железнодорожной автоматики и телемеханики [Текст] / И.Е. Дмитренко. – М.: Транспорт, 1986. – 144с.

3. Тарасов, Е.М. Принцип инвариантности в системах контроля состояний рельсовых линий [Текст] / Е.М. Тарасов, Д.В. Железнов, А.С. Белоногов. – М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. – 213 с.

4. Железнов, Д.В. Концепция мониторинга и диагностики состояний токопроводящих стыков [Текст] / Д.В. Железнов, А.Г. Исайчева // Вестник транспорта Поволжья. – 2015. – № 4. – С. 15-18.

5. Тарасов, Е.М. Разработка информационно-управляющей системы переездной сигнализации с многопараметрическим датчиком координаты поезда [Текст] / Е.М. Тарасов, В.Л. Герус, А.Е. Тарасова // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2017): труды Международной научно-технической конференции. – Самара, 2017. – С. 742-745.

6. Tarasov, E.M. Development of an intelligent system of determining the coordinates and the speed of the train [Text] / E.M. Tarasov, D.V. Zheleznov // Transport and Telecommunication. – 2016. – Vol. 17, No. 2. – P. 138-143.

А.Е. Тарасова, Н.А. Кравцова

## ОПТИМИЗАЦИЯ ВХОДНЫХ И ВЫХОДНЫХ ИМПЕДАНСОВ ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКА РЕЛЬСОВОЙ ЛИНИИ МЕТОДОМ ХУКА-ДЖИВСА

(Самарский государственный университет путей сообщения)

Управление автоматической переездной сигнализацией предполагает минимизацию времени простоя автотранспорта у закрытого переезда. Для этого необходима информация о координате и скорости приближающегося поезда [1]. При синтезе интеллектуальных систем управления переездной сигнализацией необходимо выполнить условие по разграничению классов состояний нормального и шунтового режимов т.е:

$$K_{ш} = \frac{Z_{вх\ min}^н}{Z_{вх\ max}^ш} \geq 1.2;$$

где  $Z_{вх\ min}^н$  – минимальное значение входного импеданса четырехполюсника рельсовой цепи контрольного участка приближения перед переездом в нормальном режиме при минимальной проводимости изоляции рельсовых линий;

$Z_{вх\ max}^ш$  – максимальное значение входного импеданса четырехполюсника рельсовой цепи контрольного участка приближения перед переездом в шунтовом режиме при максимальной проводимости изоляции рельсовых линий;



1.2–коэффициент запаса по классификации нормального и шунтового режимов [2].

Значение входного сопротивления  $\underline{Z}_{ex}$  обобщенного рельсового четырехполюсника, представленного на рис. 1, определяется следующим образом.

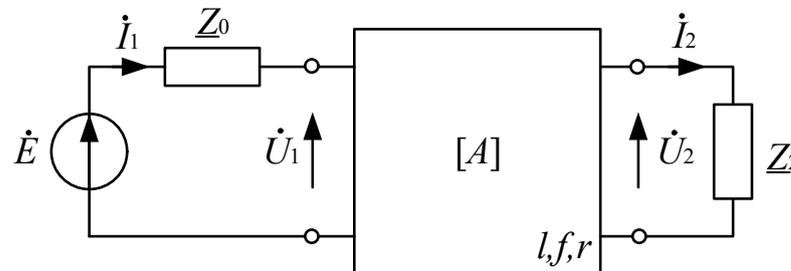


Рис. 1. Схема обобщенного четырехполюсника рельсовой линии

Уравнение состояния обобщенного рельсового четырехполюсника имеет вид [3]:

$$\begin{aligned} \dot{U}_1 &= \underline{A}\dot{U}_2 + \underline{B}\dot{I}_2; \\ \dot{I}_1 &= \underline{C}\dot{U}_2 + \underline{D}\dot{I}_2. \end{aligned}$$

Т.к. напряжение и ток на выходе рельсового четырехполюсника связаны через постоянное сопротивление нагрузки  $\underline{Z}_2$ , то:

$$\begin{aligned} \dot{I}_2 &= \frac{\dot{U}_2}{\underline{Z}_2}; \\ \underline{Z}_{ex} &= \frac{\underline{A}\underline{Z}_2 + \underline{B}}{\underline{C}\underline{Z}_2 + \underline{D}}; \end{aligned}$$

где

$\underline{Z}_2$  – сопротивление нагрузки четырехполюсника рельсовой линии;

$\underline{Z}_0$  – сопротивление ограничителя тока в рельсовой линии;

$$\begin{cases} \underline{A} = ch\underline{\gamma}l; \\ \underline{B} = \underline{Z}_e sh\underline{\gamma}l; \\ \underline{C} = \frac{1}{\underline{Z}_e} sh\underline{\gamma}l; \\ \underline{D} = A = ch\underline{\gamma}l. \end{cases}$$

Коэффициент распространения волны вдоль рельсовой линии:

$$\underline{\gamma} = \sqrt{(r + j\omega L)(g + j\omega C)},$$

волновое сопротивление

$$\underline{Z}_e = \sqrt{(r + j\omega L) / (g + j\omega C)},$$

где  $r$  – активная составляющая продольного сопротивления РЛ;

$j\omega L$  – индуктивная составляющая сопротивления РЛ;



$g$  – междурельсовая проводимость РЛ;

$C$  – емкость, составленная двумя рельсами.

Относительная погрешность определения координат поезда по условиям обеспечения безопасности функционирования устройств автоматической переездной сигнализации не должна превышать 2% [4]. Сформулированное условие возможно выполнить оптимизацией параметров компонент схемы по концам рельсовой линии. Выбор оптимальных значений параметров элементов является одной из задач параметрической оптимизации элементов классификатора координат поезда. В процессе оптимизации параметров схемы происходит поиск минимума ошибки определения координат:

$$S = (Z_0, \varphi_0, Z_2, \varphi_2) \rightarrow \min,$$

где  $Z_0$  – модуль входного импеданса,  $\varphi_0$  – аргумент входного импеданса,  $Z_2$  – модуль выходного импеданса,  $\varphi_2$  – аргумент выходного импеданса.

Оптимизацию входных и выходных импедансов четырехполюсника рельсовой линии можно осуществить двумя способами, а именно: используя аналитическую функцию и, наряду с оценкой функции, информацию о градиенте. Первый относится к прямым аналитическим методам поиска, а второй – к численным градиентным. При анализе рельсовых цепей получить аналитические отношения, связывающие входные и выходные электрические параметры, затруднительно, поэтому использовать прямые аналитические методы нецелесообразно.

В работе для оптимизации входных и выходных импедансов четырехполюсника рельсовой линии по критерию минимума относительной ошибки определения координат поезда применен метод Хука–Дживса [5].

Сущность метода заключается в том, что осуществляются попеременные зондирующие и модельные ходы. Зондирующий ход определяет приемлемое направление из текущей точки в пространстве изменяемых параметров элементов в точку, и это направление обеспечивает минимизацию  $S$ . Положим, что начальная точка  $\underline{Z}_{ex}^{(e)}$  соответствует приближению о допустимой минимальной ошибке. Необходимо исследовать окрестность выбранной точки (делая малые шаги вдоль оси оптимизируемого множества  $Z_0, \varphi_0, Z_2, \varphi_2$ ) и найти минимизируемое направление.

Практическая реализация зондирующего хода состоит из:

шаг 1  $i = 1, \underline{Z}_{ex} = \underline{Z}_{ex}^1(\underline{Z}_i)$  при  $\underline{Z}^B = (Z_0^B, Z_2^B, \varphi_0^B, \varphi_2^B)$ ;

шаг 2  $\underline{Z}_0^B = \underline{Z}_0^B + \Delta \underline{Z}_0$ , для  $i = 1$ ;

шаг 3 если  $\underline{Z}_{ex}^{1(B)} > \underline{Z}_{ex}$ , то  $\underline{Z}_{ex} = \underline{Z}_{ex}^{1(B)}$ ,  $i = i + 1$ , переход к шагу 2;

шаг 4 если  $\underline{Z}_{ex}^{1(B)} < \underline{Z}_{ex}$ , то  $\underline{Z}_{ex} = \underline{Z}_0^B - \Delta \underline{Z}_0$ , для  $i = 1$ , переход к шагу 2;

шаг 5 если  $\underline{Z}_{ex}^{1(B)} \leq \underline{Z}_{ex}$ , то оставляем  $\underline{Z}_0^B$  без изменения,  $\varphi_0 = \varphi_0 + \Delta \varphi, i = 1$ , переход к шагу 2.



Таким образом, шаги 1-5, осуществляемые от 1 до  $n$ , определяют новую базисную точку  $\underline{z}_{ex}^{(C)}$ , в которой относительная ошибка меньше, чем в априорно принятой базисной точке ( $\epsilon$ ). Теперь направление движения от точки  $\underline{z}_{ex}^{(\epsilon)}$  к точке  $\underline{z}_{ex}^{(C)}$  установлено, поэтому следующим шагом осуществляется модельный ход в этом направлении согласно полученной информации о величине относительной ошибки определения координаты поезда. Шаг модельного хода превышает в два раза расстояния от  $\underline{z}_{ex}^{(\epsilon)}$  к  $\underline{z}_{ex}^{(C)}$ , начиная с точки  $\underline{z}_{ex}^{(\epsilon)}$ , и делается в направлении от  $\underline{z}_{ex}^{(\epsilon)}$  к  $\underline{z}_{ex}^{(C)}$ . Таким образом, шаги повторяются до тех пор, пока не будет достигнут минимум относительной ошибки определения координаты поезда.

На рис. 2 представлены области существования входного импеданса четырехполосника рельсовой линии на участке приближения к переезду в классах нормального и шунтового режимов при различных сопротивлениях изоляции и координатах места нахождения поезда оптимизированными сопротивлениями по концам рельсовой линии. Результаты оптимизации сопротивлений по концам рельсовых линий представлены в таблице 1.

Таблица 1

$L$ , км	0,75	1	1,5	2,0
$K_{ii}$	1,44	1,234	1,23	1,21
$\Delta S$	0,064	0,23	0,32	0,54



Рис. 2. График изменения входного импеданса при движении поезда от начала участка приближения до переезда

Наибольшая ошибка определения координат шунта имеет место на входе участка приближения, т.к. продольное сопротивление рельсовой линии вносит погрешность определения координаты. Также изменение проводимости изоляции отрицательно влияет на погрешность определения координаты. Тем не менее, ошибка не превышает 2%, поэтому представленный метод определения координаты приемлем для практической реализации. Следовательно, градиентный метод Хука-Дживса входных и выходных



импедансов четырехполюсника рельсовой линии позволяет достаточно просто минимизировать ошибку определения координаты поезда на участке приближения к переезду длиной до 2,0 км при максимальной проводимости изоляции  $g_{из\max} \leq 1,0 \text{ Ом} \cdot \text{км}$ .

### Литература

1. Тарасов, Е.М. Разработка информационно-управляющей системы переездной сигнализации с многопараметрическим датчиком координаты поезда [Текст] / Е.М. Тарасов, В.Л. Герус, А.Е. Тарасова // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2017): труды Международной научно-технической конференции. – Самара, 2017. – С. 742-745.
2. Брылеев, А.М. Теория, устройство и работа рельсовых цепей [Текст] / А.М. Брылеев, Ю.А. Кравцов, А.В. Шишляков. – М.: Транспорт, 1978. – 344 с.
3. Пат. 2281219 Российская Федерация, МПК В61L 29/22 (2006.01). Способ управления автоматической переездной сигнализацией [Текст] / Е.М. Тарасов. – № 2005103884; заявл. 14.02.05; опубл. 10.08.2006, Бюл. №22.
4. Пат. 2025321 Российская Федерация, МПК В60L 15/20 (1990.01). Устройство для контроля параметров движения железнодорожного транспортного средства [Текст] / Ю.И. Полевой, В.М. Шумаков, Н.А. Кравцова. – №4866743; заявл. 28.06.90; опубл. 30.12.1994.
5. Волик, В.Г. Микропроцессорный классификатор состояний рельсовых линий [Текст] / В.Г. Волик, Н.И. Харламова, В.М. Шумаков, А.Е. Тарасова // Вестник транспорта Поволжья. – 2017. – № 6. – С. 98-103.



## МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

---

A.R.J. Alalvan, D.A. Mischenko, N.S. Vagarina

### WIRELESS SENSOR NETWORKS ENERGY EFFICIENCY ENHANCING

(Yuri Gagarin State Technical University of Saratov)

Wireless sensor networks (WSN) [1]-[6] are consisting of sensor nodes that are connected through a wireless media. Multi hop transmission is occurring to route the data from the source to destination. Large number of sensor nodes can deploy in environment that assemble and configure themselves. A tiny sensor device has the capability for sensing, computation, and communication into other device. WSNs are used to monitor and measure the environmental conditions like temperature, humidity, sound, pollution levels, pressure etc. The energy efficiency is a most challenges in multimedia communication due to the resource constraints, efficient channel access and low transmission delay. The energy efficient routing is a key research area in wireless sensor networks for dynamic topology nature property. Therefore we need to design the effective routing protocols. In recent days, various energy efficient routing protocols have been proposed for WSNs [7]-[9].

In recent days, researchers have proposed various routing schemes [10]-[12] for enhancing real time properties of WSNs to provide reliable transmission. In that one hop information is used to select forwarding nodes. Two hops velocity based routing (THVR) algorithm [14] was introduced to diminish the deadline miss ratio that uses geographic information that provide optimal path to forward packets to the destination. Recently, the work [13] proposed protocol for on demand Multi hop information based multipath routing (OMLRP) that offered on demand acquisition of neighborhood information around data forwarding paths. It reduces the message exchange overhead than THVR. By combining OMLRP and a gradient based network, the optimal path and energy efficiency is achieved. This paper combined these two approaches for achieving optimal reliable routing.

Gradient Based Network Setup take the minimum hop count and remaining energy of a node while routing data from source node to the sink. The optimal route is established autonomously, the scheme is composed of three sections discussed in [14], [15]. It can optimize the transmission energy and reduce the energy consumption of each node to prolong the network lifetime. In this sink broadcasts a packet which contains a counter set to 1 initially. After receiving a packet, the receiving node sets its height equal to the counter in the packet and increases the counter by 1, then forwards the packet.



The sink sets its height to 0. The heights of other nodes are equal to the smallest number of hops to the sink which is reduced the routing overhead because it select the minimum hop to involve the routing.

**Data forwarding approach.** Each node calculates joint parameters for forwarding the packets to sink. A node compares with its joint parameters to neighboring nodes and selects a neighbor to relay its packets to the sink. It is considered both the semi minor axis of the elliptical region denoted by  $H_e$  and node energy is defined from the following expression:

$$H_e = \frac{D(s,d)}{2h} + \gamma \frac{E_j/E_j^0}{\sum_j (E_j/E_j^0)}, \quad h \geq 1, \quad (1)$$

where coefficient  $\gamma \in [0,1]$ . The maximum value of  $\gamma$  indicates that end to end delay, the minimum value of  $\gamma$  leads the traffic to nodes with higher remaining energy.  $E^0$  is the initial energy of node;  $E_j$  is the remaining energy of node. The Fig. 1 shows that Elliptical region of source and destination to select the neighboring node for forwarding packets.

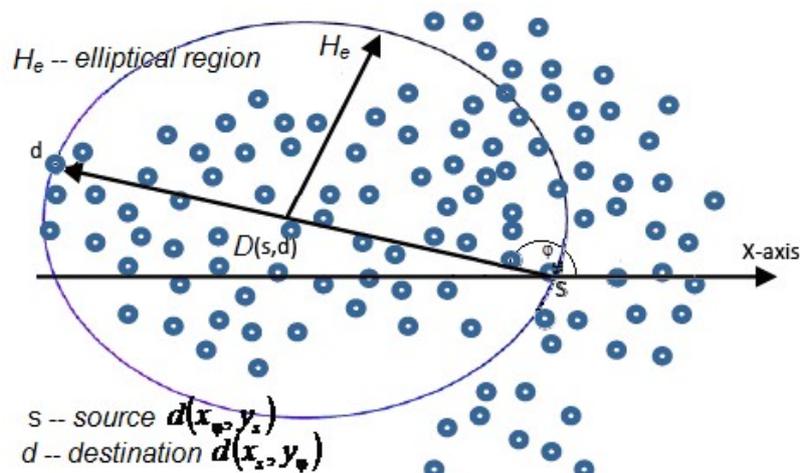


Fig. 1. Elliptical region of source and destination

Acknowledgement mechanism is applied to calculate the delay of the packets. A node will stamp the time to identify the delay of packets of each node, when it receives the packet and then compare it with the time when the ACK packet is received. The delay estimation of  $T$  for time instant  $(T+1)$  is calculated by (2)

$$\tau_i^j(t+1) = \alpha M_i^j(t) + \frac{1-\alpha}{T} \sum_{k=\max(1,t-T)}^{t-1} \tau_i^j(k) \quad (2)$$

where  $T$  is time window,  $0 < \alpha < 1$  is the configurable weighting coefficient.  $M^i$  is the newly measured delay which is defined by larger value of  $\alpha$ . This Gradient Based Network Setup is then combined with OMLRP to make energy efficiency in WSNs which improves the network life time.



**On Demand Multi Hop Information Based Multipath Routing.** OMLRP considered the following assumptions for real time routing which is followed from [16], [17]. The assumptions are as follows:

- Homogeneous sensor nodes are deployed in the network.
- Global positioning system is used by each sensor node to aware of its location in the field.
- One of them initiates to generate packets that became the source node.

This approach performed multi hop look ahead around the paths from the source to destination within an elliptical region. It selects an optimal path among multiple paths [18] within the elliptical region. The Fig. 2 shows that on demand Multi-hop information based Multipath routing with in elliptical region with  $K_{hop} = 4$ . A multipath algorithm is obtained from [19], [20] that select multiple routes from source to destination within elliptical region with high link quality and low latency. In this, a node sends its packets to neighbors through multiple alternative paths. Optimal path is selected for data transmission from source to destination. If a problem occurred in selected path, it select next available shortest path for forwarding data to destination. The elliptical region is restricted the look ahead around the packet forwarding path for reliable routing. The elliptical region is calculated using location information of the source and the destination from GPS systems [21]. When the source node starts for forwarding the packet to the destination, the multi hop look ahead is triggered within the restricted elliptical region. The elliptical region is calculated by using location of the source node  $s(x_s, y_s)$  and destination node  $d(x_d, y_d)$  from the well-known expression:

$$D(s, d) = \sqrt{(x_d - x_s)^2 + (y_d - y_s)^2} \quad (3)$$

where  $D(s, d)$  is a distance between source node  $s$  and destination node  $d$ .

**Look Ahead Algorithm.** As A sensor node can distinguish whether it is within the elliptical region determined by the function (4). Look ahead algorithm is used to found out each sensor node located within elliptical region.

**Algorithm:**

1°. Sensor node  $N_a$  determine its location  $(x_a, y_a)$

$$X = X_a \cos \varphi + Y_a \sin \varphi \quad (4)$$

$$Y = -X_a \sin \varphi + Y_a \cos \varphi \quad (5)$$

2°.  $N_a$  calculates  $f(x, y)$  from (4) and (5)

If the  $f(x, y) > 0$

$N_a$  is located at out of the elliptical region.

If the  $f(x, y) \leq 0$ ,

$N_a$  is located within the elliptical region.

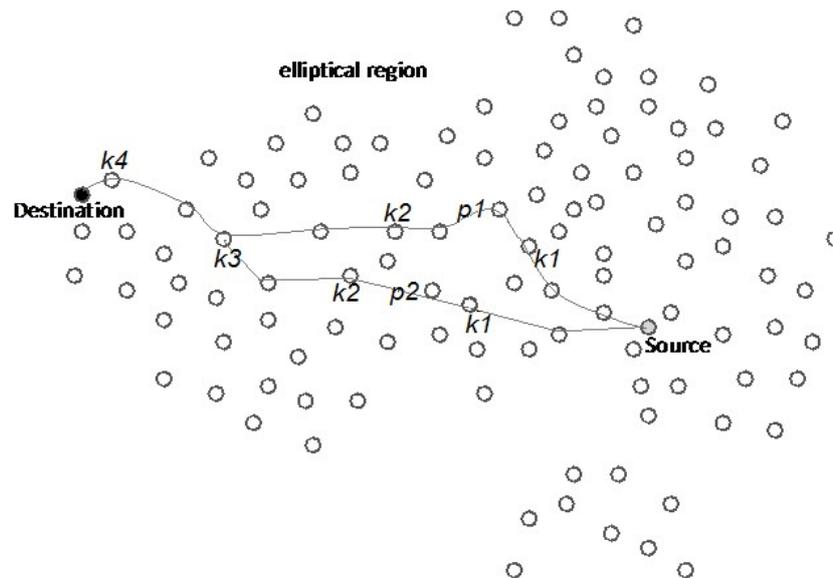


Fig. 2. On demand Multi-hop information based Multipath routing within elliptical region with  $K_{hop} = 4$

This algorithm provides an effective way to retain the energy efficiency and scalability. A hybrid metrics such as link quality and latency are used as the criteria for optimal path selection. Look ahead message mechanism is used which includes five tuples  $(K_{hop}, s(x_s, y_s), d(x_d, y_d), H_e, R)$ , where  $K_{hop}$  indicates no of look ahead hops;  $s(x_s, y_s), d(x_d, y_d)$  – indicate location of source and destination nodes respectively;  $H_e$  is the elliptical region specified by expression:

$$H_e = \frac{D(s, d)}{2h}, \quad h \geq 1, \quad (6)$$

where  $D(s, d)/2$  is the semi axis of the elliptical region and  $h$  is the size of the elliptical region.

It calculates average speed of every path from the source to the destination until  $K_{hop}$  for selecting optimal path.  $R$  is a selected optimal path among multiple paths from source to destination within the elliptical region based on multi hop look ahead mechanism. Fig. 2 noticed that the on demand Multi hop information based Multipath routing with in elliptical region with  $K_{hop} = 4$ . If  $K_{hop} = 4$ , every node in an elliptical region maintains location until four hop neighborhoods. From Equation (6), if  $h$  is 1, the elliptical region is a circular region between  $s(x_s, y_s)$  and  $d(x_d, y_d)$  and  $h$  value may be dynamically determined by system. The traffic load balancing is performed in the previous real time protocols [22]. Source and forwarding node can deliver data to a destination using selected optimal path that satisfy a desired speed and also perform traffic load balancing which make even energy consumption by all nodes.

This paper, a radio hardware energy dissipation model was used where the transmitter dissipates energy to run the radio electronics and the power amplifier, and the receiver dissipates energy to run the radio electronics. Thus, to transmit a  $k$ -bit of message and distance  $d$ , the radio expends



$$E_{TX}(k, d) = E_{TXe}(k) + E_{TXa}(k, d). \quad (7)$$

To receive  $k$ -bit message, the radio expends

$$E_{RX}(k, d) = kE_{TXe}, \quad (8)$$

where  $E_{TXe}$  is electronics energy for receiving  $k$  bit message,  $E_{TXa}$  is amplifier energy that depends on the distance to the receiver.

In this paper, an energy efficient optimal gradient based routing protocol is proposed which is combination with OMLRP and a gradient based network that is achieved through optimal routing path and reduces energy consumption of sensor nodes.

### References

1. Shalaby M.M., Abdelmoneum M.A., Saitou K. Design of spring coupling for high-Q high-frequency MEMS filters for wireless applications // IEEE Trans. on Industrial Electronics, 2009. – Vol. 56. – No. 4. – P. 1022–1030.
2. Svetlov M.S., L'vov A.A., Mishchenko D.A., Vagarina N.S. Mathematical Model of Information and Communication Networks // Proc. 2018 Int. Conf. on Actual Problems of Electron Devices Engineering (APEDE 2018). – Saratov, Russia: IEEE, 2018. – Vol. 1. – P. 195-198.]
3. L'vov A.A., Klenov D.V., Kuzin S.A., Svetlov M.S., L'vov P.A. Radar-Based Wireless Sensor Network for Distributed Measurement Systems // 2018 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO): Conf. Proc. – Minsk, Belarus: IEEE, 2018. – P. 1-6. DOI: 10.1109/SYNCHROINFO.2018.8457040/
4. Львов А.А., Кузин С.А., Светлов М.С., Львов П.А. Моделирование распределенной системы датчиков давления на основе беспроводного радиоканала связи // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн: материалы V Междунар. науч.-практ. конф.: в 3 т. – Тамбов: Издат. центр ФГБОУ ВО "ТГТУ", 2018. – Вып. 5. - Т. 1. – С. 54-60.
5. Кузин С.А., Соколов Д.Н., Ивженко С.П., Умнова Е.Г., Пчелинцева Е.Г., Фролова Н.Б. Модель беспроводной сенсорной сети повышенной производительности и надежности // Проблемы управления, обработки и передачи информации (УОПИ-2018): сб. тр. VI Междунар. науч. конф.– Саратов: ООО СОП "Лоди", 2019. – С. 495-502.
6. Кузин С.А., Аль-Тай О.Д.М., Белянская И.А. Модельные исследования энергоэффективной передачи сигналов данных в беспроводной сенсорной сети // Проблемы управления, обработки и передачи информации (УОПИ-2018): сб. тр. VI Междунар. науч. конф. – Саратов: ООО СОП "Лоди", 2019. - С. 503-513.
7. Alemdar A., Ibnkahla M. Wireless sensor networks: applications and challenges // Proc. 9th Int. Symp. on Signal Processing and IT's Applications. – Sharjah, UAE: IEEE, 2007. – P. 1–7.
8. Vidhyapriya R., Vanathi P. Energy aware routing for wireless sensor networks // Proc. Int. Conf. on Signal Processing, Communications and Networking. – Chennai, India, 2007. – P. 545–550.



9. Nikolettseas S., Spirakis P.G. Probabilistic distributed algorithms for energy efficient routing and tracking in wireless sensor networks // *Algorithms*, 2009. – Vol. 2. – P. 121–157.
10. Stojmenovic I. Position-based routing in ad hoc networks // *IEEE Comm. Magazine*, 2002. – Vol. 40. – No. 7. – P. 128–134.
11. Akkaya K., Younis M. An energy-aware QoS routing protocol for wireless sensor networks // *Proc. 23rd Int. Conf. on Distributed Computing Systems*. – Providence, USA, 2003. – P. 710–715.
12. Sadek A.K., Yu W., Liu K.J.R. On the energy efficiency of cooperative communications in wireless sensor networks // *ACM Trans. on Sensor Networks*, 2010, Vol. 6. – No. 1. – P. 5:1–5:21.
13. Jung J., Park S., Lee E., Oh S., Kim S.-H. OMLRP: Multi-hop information based real-time routing protocol in wireless sensor networks // *Proc. IEEE Wireless Communication Networking Conf.* – Sydney, Australia: IEEE, 2010. – P. 1–6.
14. Quang P.T.A., Kim D.-S. Enhancing real-time delivery of gradient routing for industrial wireless sensor networks // *IEEE Trans. on Industrial Informatics*, 2012. – Vol. 8. – No. 1. – P. 61-68.
15. Watteyne T., Pister K., Barthel D., Dohler M., Auge-Blum I. Implementation of gradient routing in wireless sensor networks // *Proc. IEEE Global Telecommunications Conf.* – Honolulu, USA: IEEE, 2009. – Vol. 1. - No. 1. – P. 1–6. DOI: 10.1109/GLOCOM.2009.5425543.
16. Karp B., Kung H.T. GPSR: Greedy perimeter stateless routing for wireless networks // *Proc. 6th Annual Int. Conf. On Mobile Computing and Networking*. – Boston, USA, 2000. – P. 243-254.
17. Yu Y., Govindan R., Estrin D. Geographical and energy aware routing: A recursive data dissemination protocol for wireless sensor networks // *UCLA Computer Science Department Technical Report, UCLA-CSD TR-01-0023*, May 2001.
18. Ye F., Luo H., Cheng J., Lu S., Zhang L. A two-tier data dissemination model for large-scale wireless sensor networks // *Proc. 8th Annual Int. Conf. on Mobile Computing and Networking, ACM*. – Atlanta, USA, 2002. – Vol. 1. – P. 148-159.
19. Li S., Neelisetti R.K., Liu C., Lim A. // Efficient multi-path protocol for wireless sensor networks. – *Int. J. Wireless & Mobile Networks (IJWMN)*, 2010. – Vol. 2. – No. 1. – P. 110-130.
20. Chanak P., Samanta T., Banerjee I. Fault-tolerant multipath routing scheme for energy efficient wireless sensor networks // *Int. J. of Wireless & Mobile Networks (IJWMN)*, 2013. –Vol. 5. – No. 2. – P. 33-45.
21. Hofmann-Wellenhof B., Lichtenegger H., Collins J. *Global Positioning System: Theory and Practice*, 4th ed. – Boston, Springer-Verlag, 1997.
22. Li Y., Chen C.S., Song Y.-Q., Wang Z., Sun Y. Enhancing real-time delivery in wireless sensor networks with two-hop information // *IEEE Trans. on Industrial Informatics*, 2009. Vol. 5. – No. 2. – P. 113-122.



I.S. Bagaev, S.A.A.M. Albani, E.G. Pchelintseva

## HIGH PERFORMANCE COGNITIVE RADIO PLATFORM

(Yuri Gagarin State Technical University of Saratov)

The network-centric cognitive radio architecture under consideration in this article is aimed at providing a high-performance platform for experimentation with various adaptive wireless network protocols ranging from simple etiquettes to more complex ad-hoc collaboration [1]. Particular emphasis has been placed on high performance in a networked environment where each node may be required to carry out high throughput packet forwarding functions between multiple physical layers. Key design objectives for the cognitive radio platform include:

- multi-band operation, fast frequency scanning and agility;
- software-defined modem including waveforms such as DSSS/QPSK and OFDM operating at speeds up to 50 Mbps;
- packet processor capable of ad-hoc packet routing with aggregate throughput ~100 Mbps;
- spectrum policy processor that implements etiquette protocols and algorithms for dynamic spectrum sharing.

The cognitive radio prototype's architecture is based on four major elements [1]: (1) MEMS-based tri-band agile RF front-end, (2) FPGA-based software defined radio (SDR); (3) FPGA-based packet processing engine; and (4) embedded CPU core for control and management. These components will be integrated into a single prototype board, which leverages an SDR implementation.

### 1 Cognitive Radio Architecture & Design

The network-centric cognitive radio architecture under consideration in this article is aimed at providing a high-performance platform for experimentation with various adaptive wireless network protocols ranging from simple etiquettes to more complex ad-hoc collaboration. The basic design provides for fast RF scanning capability, an agile RF transceiver working over a range of frequency bands, a SDR modem capable of supporting a variety of waveforms including OFDM and DSSS/QPSK, a packet processing engine for protocol and routing functionality, and a general purpose processor for implementation of spectrum etiquette policies and algorithms. The proposed architecture is shown in Figure 1.

In the original proposal, the need for a baseband and network processor board is identified that would interface to the RF front-end and allow dynamically reconfigurable software and hardware implementations of multiple wireless links supporting individual data rates up to 50Mb/s and a maximum aggregate data rate of 100 Mb/s. It was expected that this board would contain some mix of DSP and FPGA blocks together with their required memories. At the first coordination meeting in 4Q2004, we made a decision to avoid the use of DSP's because of the difficulty associated with programming these devices. Rather, we decided to use a



combination of FPGA for hardware implementation and embedded RISC for software implementation. Embedded RISC cannot match the cost and power efficiency of a DSP, but it was felt that ease of programming was of more importance in an experimental platform – especially one that would be used by students. The group also decided to aim for tri-band (700 MHz, 2.4 GHz and 5.1 GHz) capabilities using a novel MEMS device – this was viewed as an important flexibility feature for an experimental platform of this type. The analog front-end would also support two channels, one for measurement and one for data, with bandwidths selectable in 1 MHz increments.

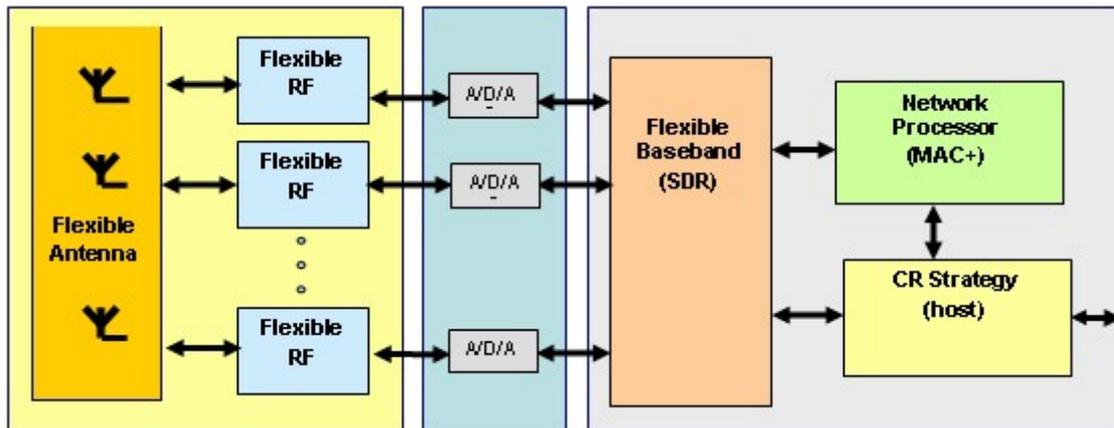


Fig. 1. Architecture of network-centric cognitive radio platform

## 2 Hardware architecture

Even though the prototyping effort is focused on an FPGA-based design, the architectural benefits of custom integrated circuitry, primarily related to power consumption and the silicon area, which are important performance parameters for hardware designs used in mobile/portable platforms are also explored. The approach that have been chosen to take involves identifying the hardware architecture appropriate for low-power configurable design based on heterogeneous blocks (i.e. blocks that are highly optimized for a particular function, yet flexible enough to support a variety of configuration parameters) as a compromise for the tradeoff between programmability and power consumption/area. In addition to fast prototyping, the additional benefits of using modern FPGAs (e.g. Xilinx Virtex 4) are the availability of highly optimized features implemented as non-standard configurable logic blocks (CLB) like phase-locked loops, low-voltage differential signal, clock data recovery, lots of internal routing resources, hardware multipliers for DSP functions, memory, programmable I/O, and microprocessor cores. These advantages simplify mapping from hierarchical blocks to FPGA resources.

The hardware design effort started with an evaluation of architectures presently available for baseband SDR processing at rates of 50-100 mbps. All these architectures use massive hardware parallelism to sustain high data rate. The baseband processing requirements of different wireless standards such as 802.11a/b, Bluetooth and WCDMA were analyzed carefully and it was concluded that different stages of baseband processing have very different hardware needs. Thus, using a generic hardware design leads to inefficient usage of chip area and power



consumption. As a result, a “heterogeneous block-based architecture”, which would help implement SDR baseband processing in an efficient way, is proposed.

An alternative approach of SDR system design was proposed in [2-9].

### 3 Heterogeneous block-based architecture

The heterogeneous-block based architecture (see Figure 1.2 below) combines a general microprocessor with special purpose hardware blocks. The microprocessor containing multiplier/accumulator units handles control intensive operations such as channel estimation, synchronization, and programming and interconnection of the heterogeneous blocks, while data intensive operations are handled by the heterogeneous blocks. The following heterogeneous-blocks have been identified:

1. **Channelization Block:** A configurable multi-stage filter used to select a sub-band and/or decimate the input signal for different standards.
2. **FFT/MWT Block:** A configurable architecture which can handle FFT operations used in OFDM and also handle the modified Walsh transform used in 802.11b.
3. **Rake Block:** A generic four finger Rake accelerator for channel estimation, de-spreading in DSSS and CDMA.
4. **Interleaver Block:** Using a block-based memory and multiplexer-based address handler, a multi-mode architecture can handle de-interleaving for different standards.
5. **Data and Channel Encoding /Decoding Block:** A configurable architecture can handle both Viterbi (for 802.11a) and Encoder/Turbo Decoder (for WCDMA). Both the Data and Channel Encoder have a similar connection pattern, but only the Data Encoder needs feedback. A common block is proposed which can be configured in one clock cycle to perform either of the two functionalities.
6. **Detection and Estimation Block:** Common interference detection block.
7. A simple crossbar-based reconfigurable interconnect is proposed to connect different blocks and the processor.

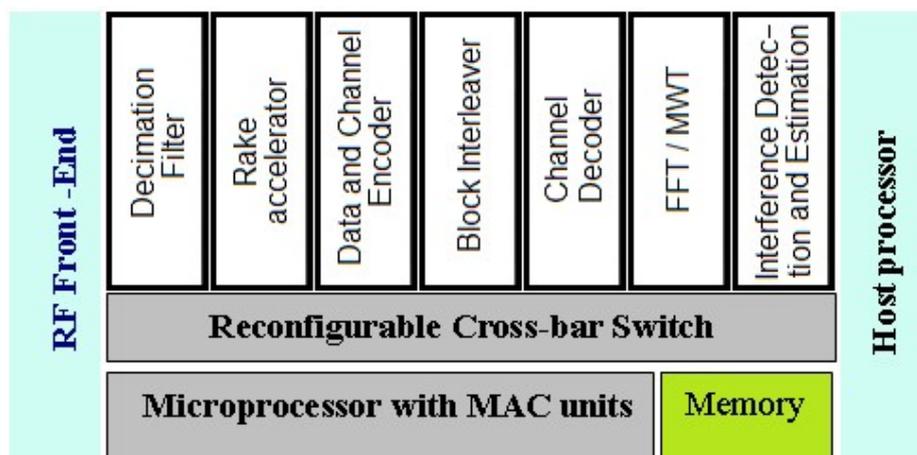


Fig. 2. Heterogeneous Blocks based Baseband Processor Architecture



Ongoing work is aimed at creating an implementation of the above SDR design using available FPGA boards and conducting evaluations on flexibility and performance. The packet processing engine's architecture will also be considered during the remainder of this reporting year. The goal is to have both SDR and packet processor FPGA implementations tested and evaluated by the end of 2005.

### **Adaptive Network Protocols**

In parallel to SDR and packet processor design work described above, a project has been started on adaptive network protocols and related algorithms [10]. In particular, we are studying the concept of an adaptive wireless network bootstrapped from the CSCC etiquette protocol previously developed at WINLAB. The CSCC protocol (which uses a broadcast beacon mechanism to inform neighboring radios of signal properties) is being extended to include information necessary for self-organization into a collaborative network of cognitive radios. Information on transmit power, PHY speeds, channel quality and aggregated routing information is added to the beacon to facilitate self-organization.

A preliminary evaluation of the protocol concepts is planned for year 2 of the project using a GNU radio extension to the ORBIT radio grid testbed. A GNU radio kit has been procured and an RF front end module is being developed for subsequent use as software defined ORBIT radio node extension.

### **References:**

1. Raychaudhuri D. Adaptive Wireless Networks Using Cognitive Radios as a Building Block // ACM MobiCom 2004 Keynote Speech, Philadelphia, Sept 2004.
2. L'vov A.A., Geranin R.V., Semezhev N., Solopekina A.A., L'vov P.A. A Novel Parameter Estimation Technique for Software Defined Radio System Based on Broadband Multi-port Receiver // Proc. 2015 Int. Siberian Conf. on Control and Communications. Omsk, Russia: IEEE, 2015. – P. 320-324.
3. Semezhev N., L'vov A.A., L'vov P.A., Moiseykina E.A. Multi-Port Wave-Correlator as Promising Receiver for Software Defined Radio Systems // Proc. 26th Int. Conf. RADIOELEKTRONIKA 2016, Košice, Slovakia: IEEE, 2016. – P. 490-494.
4. Semezhev N., L'vov A.A., Sytnik A.A., L'vov P.A. Calibration Procedure for Combined Multi-Port Wave-Correlator // Proc. 2017 IEEE Russia Section Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering Conf. – St. Petersburg, Russia: IEEE, 2017. – P. 490-495.
5. Geranin R.V., L'vov A.A., Semezhev N., Solopekina A.A. A use of multi-port reflectometers in software defined radio systems // 2014 Int. Conf. on Actual Problems of Electron Devices Engineering (APEDE). – Saratov, Russia: IEEE, 2014. DOI: 10.1109/APEDE.2014.6958775.
6. L'vov A.A., Meschanov V.P., Semezhev N. Combined multi-port correlator and its calibration technique for software defined radio // Radiotekhnika, 2018. – No. 9. – P. 69-73. (in Russian).



7. L'vov A.A., Semezhev, N. Solopekina, A.A. Meschanov V.P. A theoretical basics of microwave networks for software defined radio systems // Proc. 2016 Int. Conf. on Actual Problems of Electron Devices Engineering. – Saratov, Russia: IEEE, 2016. – P. 1-5. DOI: 10.1109/APEDE.2016.7878916.
8. Semezhev N., L'vov A.A., Askarova A.Kh., Ivzhenko S.P., Vagarina N.S., Umnova E.G. Mathematical Modeling and Calibration Procedure of Combined Multiport Correlator // Proc. Int. Conf. on Information Technologies: Information and Communication Technologies for Research and Industry. – Studies in Systems, Decision and Control, Vol. 199: Recent Research in Control Engineering and Decision Making. – Springer Nature Switzerland, 2019. – P. 705-719.
9. L'vov A.A., Morzhakov A.A. Statistical estimation of the complex reflection coefficient of microwave loads using a multi-port reflectometer // Proc. 1995 SBMO/IEEE MTT-S Int. Microwave and Optoelectronic Conf. – Rio-de-Janeiro, Brazil: IEEE, 1995. – Vol. 2. – P. 685-689.
10. Jing X., Raychaudhuri D. Spectrum Co-existence of IEEE 802.11b and 802.16a Networks using the CSCC Etiquette Protocol // Proc. I-st IEEE Int. Symp. on New Frontiers in Dynamic Spectrum Access Networks (IEEE DySpan). – Baltimore, USA: IEEE, 2005. – P. 243-250.

O.K.A.Z. Gburi, M.T. Ali, A.A. Shevchenko, E.G. Umnova

## WATERING CONTROL AND OPTIMIZATION USING DIFFUSED CAPACITANCE-BASED SENSING

(Yuri Gagarin State Technical University of Saratov)

Measuring soil water content is essential especially for agricultural water management, where the optimization of the use of water resources is crucial and strategic for the long-term competitiveness of the agricultural industry [1]. Soil moisture content measurements may rely on different technologies. For example, a microwave soil moisture sensor using microstrip transmission line (to be placed in the soil) and an electronic transceiver was presented in [2], and algorithms for measurement were presented in [3-8]. Also time-domain reflectometry (TDR) is widely used for monitoring soil moisture content [9]; however, for traditional TDR probes, soil moisture measurement depends on the placement of the TDR probe in the sample. Capacitance sensors are widely used for soil water content where this parameter is determined by measuring the capacitance between soil implanted electrodes [10]. A comprehensive review of the methods available for estimating soil moisture and its implications for water resource management can be found in [10].

The present work considers the possibility of employing diffused, flexible sensing elements for studying soil moisture variations, based on capacitance measurements. In practical applications, such a sensing element (SE) configuration would allow following the desired path along the cultivation field. These wire-like



capacitance sensors would estimate an ‘average’ capacitance value along the SE that could be related to the moisture content variation of the monitored soil and hence it would provide an alert that the conditions all along the SE have changed and need further consideration.

A simplified circuit of the proposed measurement system is shown in Fig. 1(a). An arbitrary waveform current generator, with a 0.5 MHz bandwidth, was used to generate a sinusoidal current signal of constant amplitude and to propagate it along resistances, and the sensing elements connected in series. Each used SE from the serious chain is a bi-wire, in which the copper wires run parallel to each other and are separated by a polyvinyl chloride sheath. From specifications, the capacitance between the two conductors approximately equals 100 pF/meter at 1 kHz. The signals are taken from the reference resistor as well as from the each SE; and after corresponding amplification they are converted in the digital form and come to the personal computer memory where all the subsequent processing accomplishes. The length of the each sensing element is approximately 10 m. To mimic the in-the-field condition, the SE was buried under chestnut soil. Fig. 1(b) shows a sketch of a single SE.

The processing algorithms were taken from [11-15] and the corresponding software for PC was prepared using MATLAB media.

The preliminary step was to identify the frequency range in which the SE exhibited a predominantly-capacitive behavior. To this purpose, measurements were carried out to assess the variation of electrical impedance of the SE (buried under chestnut soil) as a function of frequency.

Measurements were performed in the 1 kHz-100 kHz frequency range, with 100 measurement points. Results are shown in Fig. 2. The repeatability of results was good in the specified frequency range.

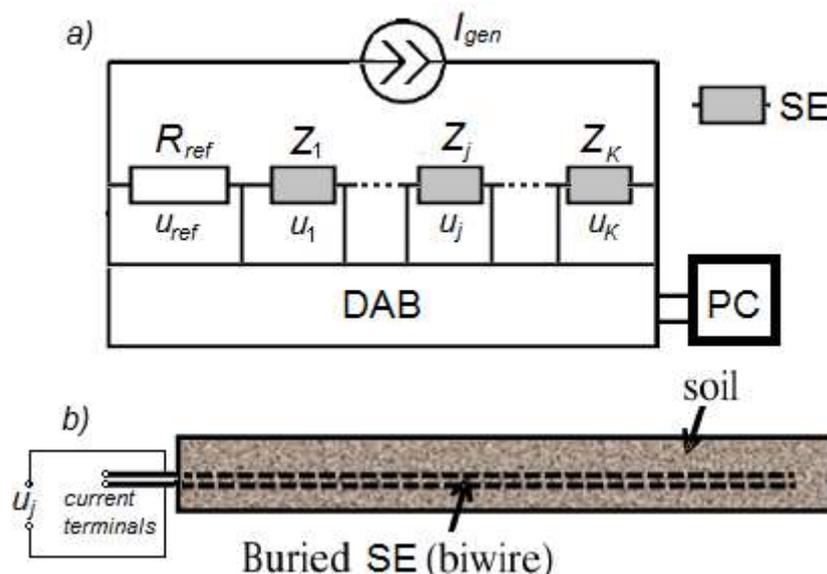


Fig.1. Simplified circuit scheme of the measuring system (a); SE in soil (b): DAB is the data acquisition board containing the multiplexer, instrumentation amplifier and ADC; PC is the personal computer

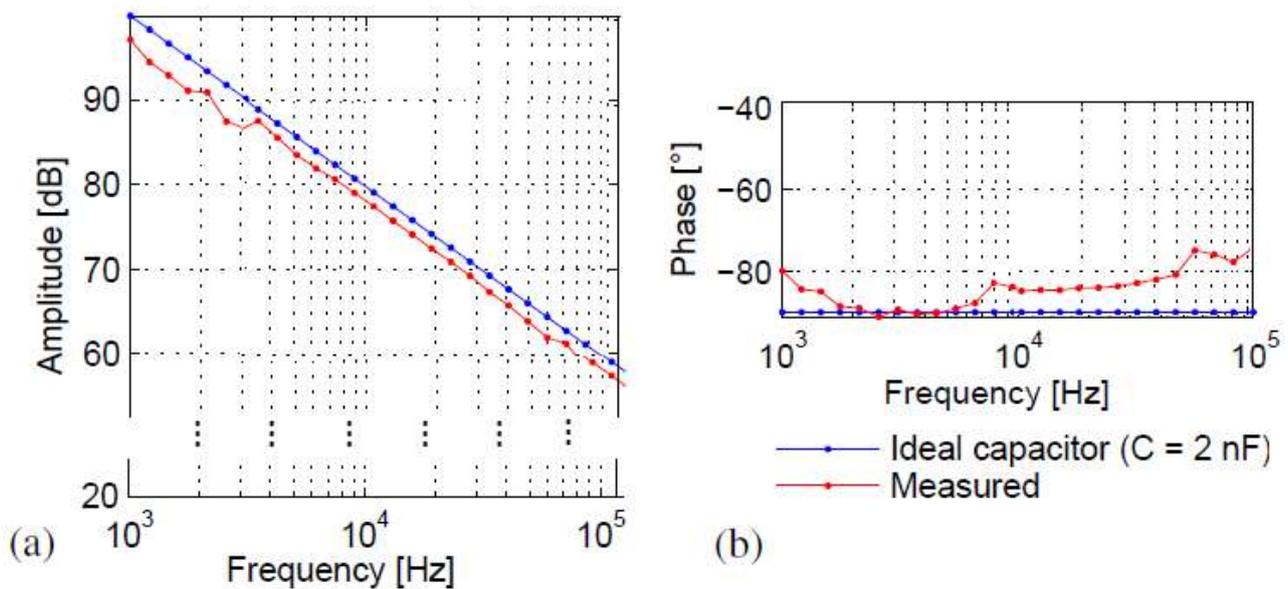


Fig. 2. Behavior of the buried SE electrical impedance in the 1 kHz-100 kHz frequency range: amplitude (a); and phase (b).

It can be seen that, in the 3 kHz-60 kHz frequency range, the SE exhibits a more pronounced capacitance-like behavior and that the capacitance value can be considered relatively constant. Therefore, this frequency range was selected for the subsequent narrow-band impedance measurements. The measurements in this range with the same number 100 of measurement points confirm the made conclusion.

These preliminary capacitance measurements evidenced some critical factors that affected the method, such as:

- interference at 50 Hz and its harmonics, generated by the electrical grid;
- non-ideal electrical connections.

These challenges should be taken into account in order to achieve an adequate repeatability of measurements.

Finally, to verify the response of the system in presence of variations of moisture content, the following experiment was carried out. To mimic the effect of the presence of water, a segment of the SE was unburied: approximately 60 cm, at a distance of approximately 5 m from the beginning of the SE. Fig. 3(a) shows a schematization of the setup.

The unburied part of SE started to be filled with water at time  $t_{fill}$ . At time  $t_{stop}$ , when the entire segment, not underground, was eventually immersed in water, the filling was over. The red lines in Fig. 3(b) indicate these two relevant ‘events’. Fig. 3(b) shows the measured capacitance as a function of time (about 33 measurements per second). It can be seen that, right after the water supply was started, the value of the measured capacitance progressively rose. Successively, after closing the water tap, the capacitance value began to decrease as a result progressively water absorption by the surrounding soil.

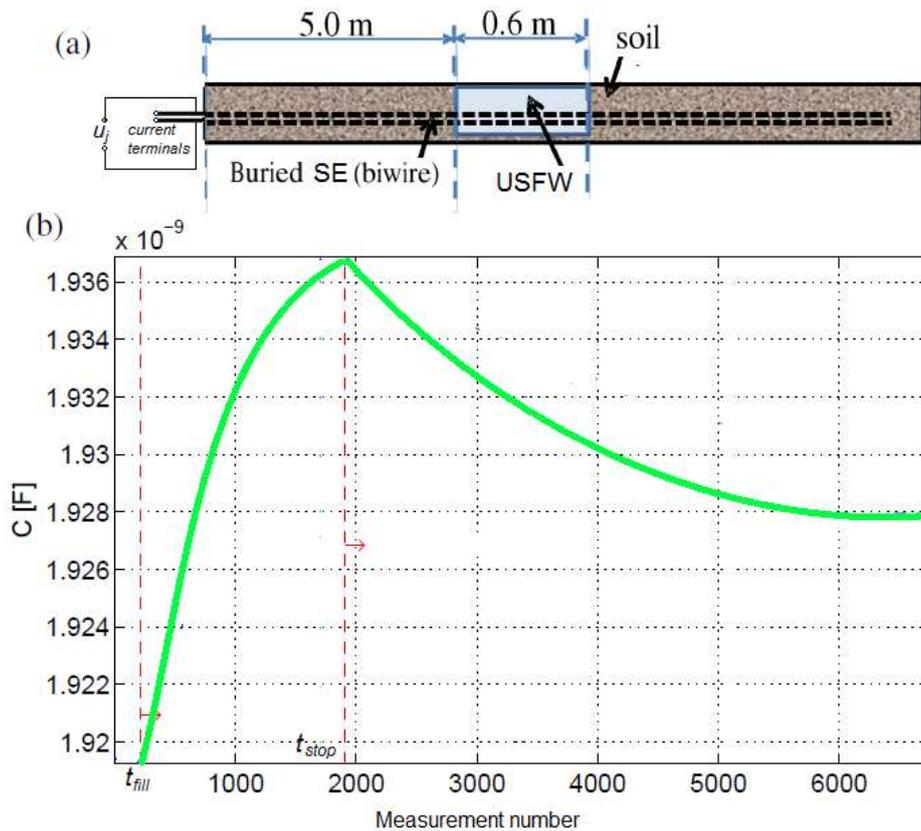


Fig. 3. The scheme of experimental instrumentation (a) and capacitance measurements carried out with varying water content conditions (b): USFW is the unburied SE segment filled with water;  $t_{fill}$  and  $t_{stop}$  are the time moments of starting and finishing of water supply respectively

In this paper, the feasibility of a soil moisture measurement method employing a low-cost distributed SE was preliminary validated. The proposed method exploits diffused capacitance measurement for sensing soil moisture content variations. The preliminary results demonstrate that the proposed system can sense a variation of the overall moisture content. In practical applications, the system may be used to generate an alert when the sensed moisture content variation exceeds pre-established ranges and an intervention is required. Additional in-the-field experiments will be carried out to further investigate the potential and limitations of the system.

### References:

1. Cannazza G., Cataldo A., De Benedetto E., Demitri C., Madaghiele M., Sannino A. Experimental assessment of the use of a novel superabsorbent polymer (SAP) for the optimization of water consumption in agricultural irrigation process // Water, 2014. – Vol.6. – No.7. – P. 2056-2069.
2. Rezaei M., Ebrahimi E., Naseh S., Mohajerpour M. A new 1.4-GHz soil moisture sensor // Measurement, 2012. – Vol.45. – No. 7. – P. 1723-1728.
3. Львов, А.А., Семёнов К.В. Метод калибровки автоматической многозондовой измерительной линии // Измерительная техника, 1999, №4. – С. 34-39.



4. L'vov, A.A., Semenov, K.V. A method of calibrating an automatic multiprobe measurement line // *Measurement Technique*, 1999. –Vol. 42. – No. 4. – P. 357–365. <https://doi.org/10.1007/BF02504397>.
5. Львов А.А., Ковалев Д.В. Автоматический измеритель параметров микрополосковых СВЧ-приборов на основе многозондовой измерительной линии // *Известия вузов. Приборостроение*, 2000. – Т. 43. – № 3. – С. 43-47.
6. Katz B.M., Meschanov V.P., L'vov A.A. Shatalov E.M., Shilova L.V. Synthesis of a Wideband Multiprobe Reflectometer // *IEEE Trans. Microwave Theory & Techniques*, 2008. – Vol. 56. – No. 2. – P. 507-514.
7. Semezhev N., L'vov A.A., Askarova A.Kh., Ivzhenko S.P., Vagarina N.S., Umnova E.G. Mathematical Modeling and Calibration Procedure of Combined Multiport Correlator // *Proc. Int. Conf. on Information Technologies: Information and Communication Technologies for Research and Industry (ICIT 2019)*. – Studies in Systems, Decision and Control, Vol. 199: Recent Research in Control Engineering and Decision Making. – Springer Nature Switzerland, 2019. – P. 705-719.
8. Solopekina A.A., L'vov A.A., Semezhev N. Calculation of measurement uncertainties of multi-port transmission line reflectometer // *Conf. Proc. - 2014 Int. Conf. on Actual Problems of Electron Devices Engineering*. – Saratov, Russia: IEEE, 2014. – P. 356-362.
9. Piuze E., Cataldo A., Cannazza G., De Benedetto E. An improved reflectometric method for soil moisture measurement exploiting an innovative triple-short calibration (TSC) // *IEEE Trans. on Instrum. & Meas.*, 2010. – Vol.59. – No.10. – P. 2747- 2754.
10. Dobryal P., Qureshi A., Badola R., Hussain S.A. A review of the methods available for estimating soil moisture and its implications for water resource management // *J. of Hydrology*, 2012. – Vols. 458-459. – P. 110-117.
11. Львов А.А., Пыльский В.А. Линейная петлевая схема точной обработки сигналов с датчиков // *Вестник Саратовского гос. техн. ун-та*, 2004. – № 2(3). – С.102-112.
12. L'vov A.A., Gureev V.V., Pylskiy V.A. Improvement of the Current Loop Circuit for AC and DC Applications Based on Digital Signal Processing // *Proc. IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conf.* – Sorrento, Italy: IEEE, 2006. – P. 1257-1261.
13. Кузин С.А., Львов П.А., Львов А.А., Светлов М.С. Повышение точности емкостных датчиков давления для авиакосмической техники // *Известия ЮФУ. Технические науки*, 2017. –№ 3 – С. 29-42.
14. Коновалов Р.С., Львов П.А., Львов А.А. Повышение точности высокотемпературных емкостных датчиков абсолютного давления // *Проблемы управления, обработки и передачи информации: сб. тр. IV Междунар. науч. конф.: в 2 т.* – Саратов: Издательский дом «Райт-Экспо», 2015. – Т. 2. – С. 136-142.
15. Львов А.А., Гуреев В.В., Пыльский В.А., Шевченко А.А. Метод компенсации ошибки измерения сопротивления резистивных датчиков



температуры в токовой петле // Вестник Саратовского гос. техн. ун-та, 2009. – № 4(43). – С.45-49.

L'vov A.A., Pyl'skiy V.A. Current loop circuit for signal processing in capacitive and inductive sensors // Proc. Int. Conf. on Actual Problems of Electron Devices Engineering, 2004. – Saratov, Russia: IEEE P. 432 – 435. DOI: 10.1109/APEDE.2004.1393603.

Ю.Н. Богданова, Р.А. Парингер

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ОБЗОР ВОЗМОЖНОСТЕЙ СРЕДСТВ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММ ДЛЯ СИСТЕМ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

(Самарский университет)

Данная работа посвящена сравнительному анализу средств разработки виртуальной реальности Unity и Unreal Engine 4. На основе таких критериев, как системные требования, порог вхождения, объем учебных материалов и размер сообщества, было определено, для каких целей и какого круга разработчиков больше подходят каждые из программных средств. Также в статье описаны достоинства и недостатки выбранных средств разработки.

**Введение.** Виртуальная реальность (VR) – это новая концепция использования компьютеров и человеко-машинного интерфейса для создания эффекта трехмерного окружения, в котором пользователь в интерактивном режиме взаимодействует с виртуальными объектами, и при этом создается сильное ощущение трехмерного присутствия. Ключевыми моментами в таком определении виртуальной реальности является то, что она создана с помощью компьютера, трехмерна и интерактивна, при этом интерактивность предполагает создание эффекта от взаимодействия с объектами, а не с изображениями этих объектов [1].

VR – относительно новый инструмент, и пройдут годы, если не десятилетия, прежде чем она полностью реализует заложенные в ней возможности. Область VR не ограничивается играми: ее развлекательная функция со временем станет второстепенной [2]. Есть немало отраслей, в которых виртуальная реальность поможет выполнять вполне серьезные задачи: в технике, медицине, архитектуре, управлении воздушным движением, развлечениях, офисных операциях, технической эстетике и т.п. Используя технологии виртуальной реальности, архитекторы и конструкторы могут проектировать, строить и испытывать свой объект в виртуальной среде без создания его бумажных изображений и моделей в полную величину. Использование виртуальных моделей позволяет существенно снизить затраты на создание дорогостоящих физических макетов, а также дает проектировщику реальную возможность опробовать различные варианты, детально все их проанализировать и выбрать оптимальный. Применение этого метода особенно показательно в медицине при моделировании виртуального человеческого тела



вместо реальных пациентов для врачебных исследований и обучения студентов-медиков [3]. Медицина уже успешно использует VR на практике. Именно такие технологии, как компьютерное моделирование и компьютерная имитация, а также трехмерная визуализация, позволяющая реалистично отображать движение на экране, являющиеся технической основой VR, позволили усовершенствовать классические подходы в реабилитации пациентов, перенесших инсульт. Они обеспечивают необходимое рабочее пространство для тренировки моторного навыка, интерактивную обратную связь и высокую интенсивность реабилитации [4]. VR выгодно отличается от существующих методов лечения тревожных расстройств, расстройств пищевого поведения и веса, а также обезболивания с долговременными эффектами, которые обобщают в реальный мир [5]. Экспериментальные исследования, проведенные при помощи технологии VR, свидетельствуют о том, что она может использоваться как эффективное средство в психотерапии и психологической реабилитации, а также для решения задач организационной психологии, спортивной психологии и психологии безопасности [6].

В настоящее время большое внимание уделяется системам симуляции различных реальных процессов для тренинга определенных навыков. К таким можно отнести не только проведение медицинских операций, но и управление летательными аппаратами, транспортными средствами, и т.д. [7] VR и AR обладают значительным потенциалом, чтобы стать основным вычислительными платформами в области такой науки, как сенсорика, способствуя первоначальным многообещающим инновациям в пяти ключевых областях: контекст потребления, биометрия, структура и текстура пищи, сенсорный маркетинг и усиление сенсорного восприятия [8].

Большая часть фундаментальных исследований уже проделана, технологии виртуальной реальности сегодня стали общедоступными, что произошло в основном благодаря массовому распространению устройств, основанных на мобильных технологиях [9]. Поэтому именно сейчас зарождается огромный спрос на новый захватывающий опыт в VR. В качестве основы растущего многомиллиардного рынка VR ставит восхитительно сложные задачи перед разработчиками, причем одновременно с погружением многих ранее незатронутых отраслей в мир компьютерной графики в реальном времени. Мир разработки виртуальной реальности может показаться сложным из-за разнообразия доступного на рынке оборудования и программного обеспечения [10].

Решив начать осваивать разработку VR-проектов, придется столкнуться с такой проблемой, как выбор подходящей среды разработки. Самыми популярными являются Unreal Engine 4 (UE4), разработанная компанией Epic Games, и Unity, разработанная Unity Technologies. Обе платформы обладают самым большим потенциалом из существующих программ для разработки любых проектов, в частности в интересующей нас области VR. Ввиду того, что они имеют схожие возможности, существует множество споров о том, какая лучше. Но в данной ситуации понятие «лучший» немного неуместно, так как



программы все же имеют некоторые различия, отчего каждая из них может быть незаменима для разных целей. Все зависит от разработчика и какой проект он хочет создать.

**Системные требования.** При освоении сред разработки сразу стала заметна разница в скорости загрузки создаваемых проектов. Это произошло из-за того, что UE4 более требователен к параметрам центрального и графического процессоров, как видно из таблицы 1 [9]. UE4 значительно превосходит Unity по качеству отрисовки сцены. Именно поэтому первая среда разработки более востребована крупными компаниями, создающими высокобюджетные проекты. Для маленькой команды разработчиков Unity будет более, чем достаточно. Кроме того, для 3D-моделирования в самой Unity средств недостаточно. Однако существует огромное количество вспомогательных приложений, с лихвой восполняющих этот недостаток.

Таблица 1. Рекомендуемые системные требования

	Unity	Unreal Engine 4
ОС	Windows 7 SP1+, 8,10, только 64-разрядные версии; Mac OS X 10.11	Windows 7 64-bit или Mac OS X 10.9.2
Центральный процессор	поддержка набора инструкций SSE2	Четырехядерный процессор Intel или AMD, 2.5 GHz
Графический процессор	видеокарта с поддержкой DX10 (версия шейдеров 4.0)	серии NVIDIA GeForce 450 или AMD Radeon HD 5750
ОЗУ	8 Гб	8 Гб

**Язык программирования.** Когда дело доходит до сценариев, возникает вопрос, какой язык выбрать. Что касается Unity, то официально на выбор предлагается: Boo, C# и JavaScript. C# является, пожалуй, наиболее широко используемым и поддерживаемым языком в Unity и позволяет большинству разработчиков применить уже имеющиеся знания. Большинство учебников по Unity ориентированы на C#, потому что он часто применяется для разработки приложений в других областях. Язык C# исторически привязан к платформе .NET, которая используется в Unity (под именем Mono), к тому же C# напоминает C++, который очень популярен у разработчиков игр [11]. Одна из сильных сторон Unity заключается в том, что разработчику не нужно снова писать исходный код при смене целевой платформы. Разработчик может написать собственные расширения редактора или купить их в Unity Asset Store. Это делает Unity универсальной и гибкой средой разработки [12].



Когда вы программируете в UE4, есть два способа реализации логики игры: язык виртуального программирования BluePrints и ставший традиционным язык программирования C++. По сравнению с BluePrints, C++ может быть сложнее, поскольку изучение синтаксиса может занять некоторое время; однако он предлагает различные варианты в использовании скрытых возможностей ядра [10]. В свою очередь, система BluePrints чрезвычайно гибкая и мощная, поскольку она позволяет дизайнерам использовать практически весь спектр концепций и механизмов, обычно доступных только программистам. Кроме того, Blueprint для конкретной разметки доступен в Unreal Engine. Выполнение C++ позволяет программистам создавать стандартные системы, которые могут быть расширены дизайнерами [13]. Более того, параллельный просмотр реализаций Blueprint и C++ дает представление не только о результате выбранного разработчиком подхода в написании сценариев, но и о природе такого решения [14].

**Порог вхождения и учебные материалы.** Последним критерием становится уровень сложности для самостоятельного изучения. Это не относится напрямую к характеристикам самих средств разработки, но является очень важным аспектом при выборе. Большое сообщество значительно облегчает получение помощи, когда вы сталкиваетесь с проблемами. Это также предполагает больше инструментов и ресурсов для развития. Начало работы с UE4 может быть затруднительным. Как и во многих мощных инструментах профессионального уровня, новичкам легко потеряться в разнообразии возможностей. Например, язык визуальных сценариев Blueprints UE4 может на первый взгляд напоминать блочное программирование таких систем, как Scratch; однако, он также предоставляет мощные синтаксические структуры, которых нет в текстовых языках программирования [14]. Поэтому, Unity будет удобнее тем, кто уже программировал на языках C. Среди двух обозреваемых платформ Unity имеет неоспоримо самый большой рынок различных видов дополнительных ресурсов для разработки, он предлагает большую поддержку для их развития и имеет дружественную, большую и активную базу разработчиков, которая помогает своим коллегам разработчикам [12].

На официальном сайте сообщества Unity присутствуют разделы с форумом, ответами на вопросы, информацией о последних ошибках, которые возникают у разработчиков и о том, как их исправить. Кроме того, Unity предоставляет возможность получить консультацию от проверенного эксперта сообщества один на один в реальном времени. Что касается UE4, то на официальном сайте их сообщества представлен только один большой раздел с обсуждениями, разбитыми по темам. Обе платформы предлагают свои собственные мини-курсы, с помощью которых можно обучиться работе со средами разработки. Все выше перечисленное позволяет сделать вывод о том, что в системе поддержки, созданной Unity, удобнее ориентироваться, как новичку, так и опытному разработчику.

**Заключение.** Проведенный сравнительный анализ показал, что Unreal Engine 4 широко используется крупными компаниями-разработчиками, так как



представляет собой очень мощный и продвинутый инструмент для создания сложных проектов. Потому он является более требовательным к системным характеристикам. Unity, в свою очередь, прекрасно подходит для как для осуществления масштабных задумок, так и для небольших экспериментальных разработок и индивидуальных проектов и является очень дружелюбной средой разработки для новичков. Обе платформы имеют большие, активные сообщества и разнообразные обучающие материалы. Говоря об итоговом продукте, самой заметной разницей при работе с исследуемыми программными средствами является то, что в Unity придется приложить гораздо больше усилий, чтобы визуальные эффекты были на том же уровне, что и в Unreal Engine 4.

### Литература

1. Подкосова, Я.Г. Анализ перспектив использования технологий виртуальной реальности в дистанционном обучении [Текст] / Я.Г. Подкосова, Варламов О.О., Остроух А.В., Краснянский М.Н. // Вопросы современной науки и практики им. В.И. Вернадского. – 2011. – Т. 33, № 2. – С. 104–111.
2. Линовес Д. Виртуальная реальность в Unity / пер. с англ. Р. Н. Рагимов. - М.: ДМК Пресс, 2016. – 316 с.: ил.
3. Сапрыкина, Н.А. "Безбумажная" архитектура в контексте виртуальной реальности [Текст] / Н.А. Сапрыкина, И.А. Сапрыкин // Architecture and Modern Information Technologies. – 2012.
4. Хижникова, А.Е. Виртуальная реальность как метод восстановления двигательной функции руки [Текст] / А.Е. Хижникова, А.С. Ключков, А.М. Котов-Смоленский, Н.А. Супонева, Л.А. Черникова // Анналы клинической и экспериментальной неврологии. – 2016. – Т. 10, № 3. – С. 5–13.
5. Riva, G. Neuroscience of Virtual Reality: From Virtual Exposure to Embodied Medicine [Текст] / G. Riva, B. K. Wiederhold, F. Mantovani // Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking – 2019. – Vol. 22. – Issue 1.
6. Зинченко, Ю. П. Технологии виртуальной реальности: методологические аспекты, достижения и перспективы [Текст] / Ю. П. Зинченко, Г. Я. Меньшикова, Ю. М. Баяковский, А. М. Черноризов, А. Е. Войскунский // Национальный психологический журнал. – 2010. – №1(3). – С. 54–62.
7. Сабанчиев, А.М Система визуализации с использованием виртуальной реальности в комплексе симуляции полета [Текст] / А.М Сабанчиев, Т.И. Кулиев // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2018. – Т. 14, № 4. – С. 80–86.
8. Разбитнева, Е.А. Обзор фреймворков для разработки 3d-игр для виртуальной реальности [Текст] / Е.А. Разбитнева // Научное сообщество студентов 21 столетия. Технические науки: Электронный сборник статей по материалам LXXIV студенческой международной научно-практической конференции (Новосибирск). - 2019. - № 2(73). – С. 73–79.



9. Макеффри М. Unreal Engine VR для разработчиков / пер. с англ. Н. И. Веселко, О. В. Максименкова, А. А. Незнанов. – Москва : Эксмо, 2019. – 256 с.
10. Торн, А. Искусство создания сценариев в Unity / пер. с англ. Р. Н. Рагимов. – М.: ДМК Пресс, 2016. – 360 с.: ил.
11. Kupiainen, H. Extending the Unity game engine through editor scripting [Текст] / H. Kupiainen // Thesis, Karelia University of Applied Sciences. – 2018.
12. Kute, O. Lost: The Horror Game [Текст] / O. Kute, A. Pathak, S. Sayyed, P. Patil, N. Karolia // International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). – 2018. – Vol. 5. – Issue 2. – P. 274–277.
13. Gestwicki, P. Unreal Engine 4 for Computer Scientists [Текст] / P. Gestwicki // The Journal of Computing Sciences in Colleges: Papers of the 26th Annual CCSC Midwestern Conference. – 2019. – Vol. 35(5). – P. 109–110.

Г.А. Боднарчук, С.З. Владимиров, А.О. Новиков, Н.Г. Чернобровин

## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ УСТАНОВКОЙ ОЧИСТКИ НЕФТИ

(Самарский университет, ООО "Пролог")

Установка очистки нефти состоит из колонны, в которой производится отдувка нефти от сероводорода попутным газом, компрессорной станции, предназначенной для создания разряжения в колонне и отделения насыщенного сероводородом газа, сепараторов, а также насосного блока, предназначенного для откачки очищенной товарной нефти.

Система управления установки очистки нефти реализована на базе программируемого логического контроллера серии S7-300 Siemens и состоит из программно-технических комплексов технологических установок/объектов, интегрированных в единую систему с управлением из операторной.

АСУ ТП выполняет информационные функции, а также функции диагностики и безопасности.

Техническое обеспечение реализуется с учетом структуры технологических систем и топологии размещения программно-технических средств.

Система управления (Рис.1) состоит из:

- шкафа управления (ШУ1), включающего в себя контроллер для управления работой установки и сенсорную панель для задания режимов работы, а также коммуникационный процессор и коммутатор сети Ethernet;
- шкафа управления (ШУ2), в состав которого входят станция децентрализованной периферии, обеспечивающая обмен данными с центральным процессорным устройством и модули ввода-вывода, предназначенные для подключения к ним датчиков и исполнительных механизмов;
- шкафа силового 1 (ШС1), для управления насосами перекачки нефти;



- шкафа силового 2 (ШС2), где расположены схема управления остальным оборудованием установки (здвижками, электромагнитными клапанами, обогревом труб и освещением).

В сборке шкафов ШС1, ШС2 располагается пуско-регулирующая, коммутационная и защитная электроаппаратура. Для обеспечения обмена данными с ЦПУ в шкафу также установлены станция децентрализованной периферии и модули ввода-вывода.

Обмен между контроллером ШУ1 и модулями ввода-вывода ШС2 и ШУ2 производится по оптическому каналу (протокол Profibus). Связь контроллера с сенсорной панелью и обмен данными со SCADA системой производится по интерфейсу Ethernet.

Программное и информационное обеспечение осуществляет функции визуализации работы установки, архивирования данных и сигнализации. Система визуализации и управления установки построена на базе SCADA системы Wonderware InTouch на автоматизированном рабочем месте оператора (АРМ). Программное обеспечение АРМ обеспечивает многозадачный режим и имеет широкие функциональные возможности. ПО базируется на современных программных продуктах, работающих под управлением современной операционной системы, и обеспечивает применение открытого коммуникационного стандарта OPC.

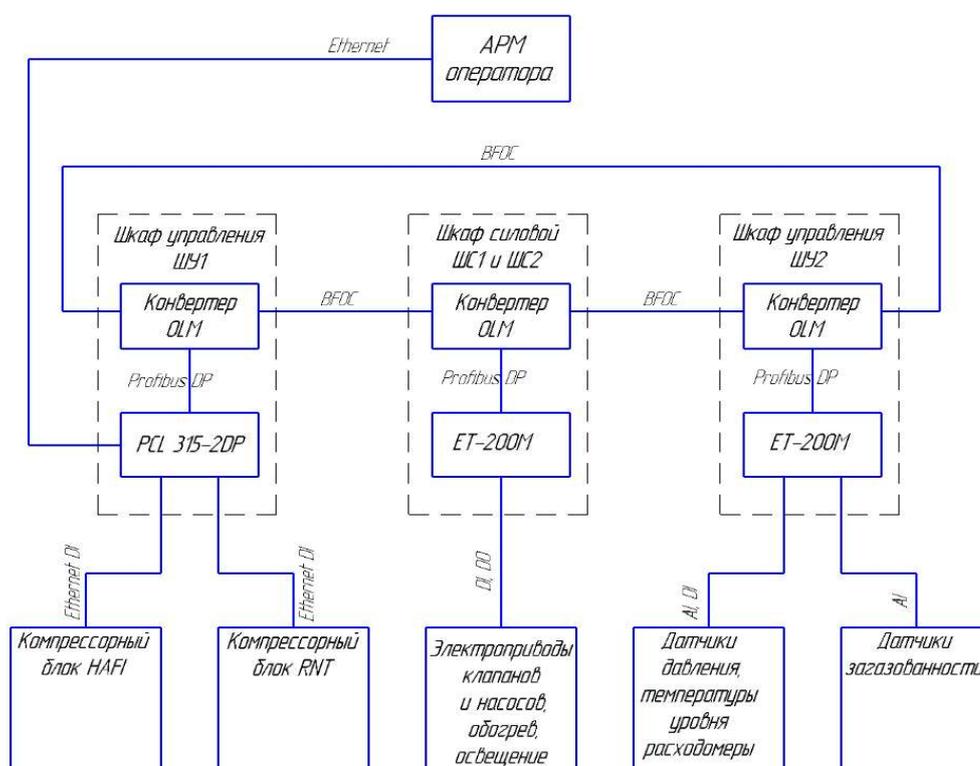


Рис. 1. Структурная схема система управления



АРМ поставляется с загруженным набором приложений, охватывающих функции конфигурирования системы, интерфейса оператора, проектирования, обслуживания, документирования и интеграции.

Персональный компьютер снабжен интегрированными коммуникационными средствами, поддерживающими требуемые протоколы обмена.

Человеко-машинный интерфейс рабочего места операторов обеспечивает:

- мониторинг процесса и динамики изменения параметров, определяющих его состояние, индикацию и звуковую сигнализацию выхода их значений за предупредительные и аварийные пределы;
- мониторинг автоматического регулирования процесса;
- формирование и просмотр на экране монитора истории параметров процесса в виде графиков (трендов);
- генерацию событий, предупредительных сигналов и отчетных данных в табличной форме, а также вывод их на печать;
- мониторинг работы комплекса программно-технических средств.

Предусмотрены оповещение и регистрация отказов, а также автоматический самозапуск функционирования программ, без восстановления энергообеспечения и сохранение программного обеспечения в энергонезависимой памяти.

Н.Н. Васин, Е.А. Ибатуллина

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ПОТЕРЬ ПАКЕТОВ ПРИ ПЕРЕГРУЗКАХ В СЕТИ

(Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)

Перегрузки сетевых элементов и соединений приводят к возникновению потерь трафика. Данную проблему можно решить путем перенаправления части трафика на резервные маршруты, которые недогружены на текущий момент. Чтобы методика перераспределения трафика работала эффективно необходимо верно оценивать влияние перегрузок на сети. С этой целью была построена математическая модель оценки потерь пакетов в сети на основе математического аппарата нечеткой логики. В модели задействованы функции принадлежности двух переменных – входных и выходных. Параметры функций принадлежности данных лингвистических переменных показаны в табл. 1. В качестве входных переменных взяты: загрузка в канале либо самого сетевого элемента, а также доля потери пакетов. Выходной переменной в представленной модели является качество передачи. Данные лингвистические переменные имеют разные значения функций принадлежности.



Таблица 1. Параметры функций принадлежности лингвистических переменных

Тип переменной	Наименование переменной	Терм множества	Тип функции принадлежности	Значения параметров функции принадлежности (a, b, c)
Входная	Загрузка [0; 1]	Низкая	z-подобная	[0; 0.2; 0.5]
		Средняя	Треугольная	[0.2; 0.5; 0.8]
		Высокая	s-подобная	[0.5; 0.8; 1]
Входная	Доля потери пакетов [10 <sup>-10</sup> ; 10 <sup>-1</sup> ]	Приемлемая	z-подобная	[10 <sup>-10</sup> ; 10 <sup>-6</sup> ; 10 <sup>-5</sup> ]
		Неприемлемая	s-подобная	[10 <sup>-6</sup> ; 10 <sup>-5</sup> ; 10 <sup>-1</sup> ]
Выходная	Качество [0; 100] %	Низкое	z-подобная	[0; 20; 50]
		Среднее	Треугольная	[20; 50; 80]
		Высокое	s-подобная	[50; 80; 100]

Рассмотрим примененные типы функций принадлежности:

- Z-образная функция принадлежности (1)

$$f_z(x; a, b) = \begin{cases} 1, & x \leq a; \\ \frac{b-x}{b-a}, & a < x < b; \\ 0, & x \geq b. \end{cases} \quad (1)$$

- S-образная функция принадлежности (2)

$$f_s(x; a, b) = \begin{cases} 1, & x \leq a; \\ \frac{x-a}{b-a}, & a < x < b; \\ 0, & x \geq b. \end{cases} \quad (2)$$

- Треугольная функция принадлежности (3)

$$f_{\Delta}(x; a, b) = \begin{cases} 1, & x \leq a; \\ \frac{x-a}{b-a}, & a < x < b; \\ \frac{c-x}{c-b}, & b < x < c; \\ 0, & x \geq b. \end{cases} \quad (3)$$

где a, b, c – числовые параметры, удовлетворяющие условию  $a \leq b \leq c$  (табл. 1).

На рис. 1 и рис. 2 показано графическое изображение функций принадлежности входных переменных «Загрузка» и «Доля потери пакетов». Загрузка канала или сетевого элемента более чем на 80% приводит к возникновению очередей и как следствие к наступлению перегрузок в сети. Все это приводит к возникновению потерь, так как пакеты в очередях начинают удаляться. По этим входным переменным и происходит оценка влияния этих параметров на сеть. На рис. 3 показана функция выходной переменной «Качество». При этом стоит отметить, что изменения значений входных переменных прямо влияет на качество передачи трафика.

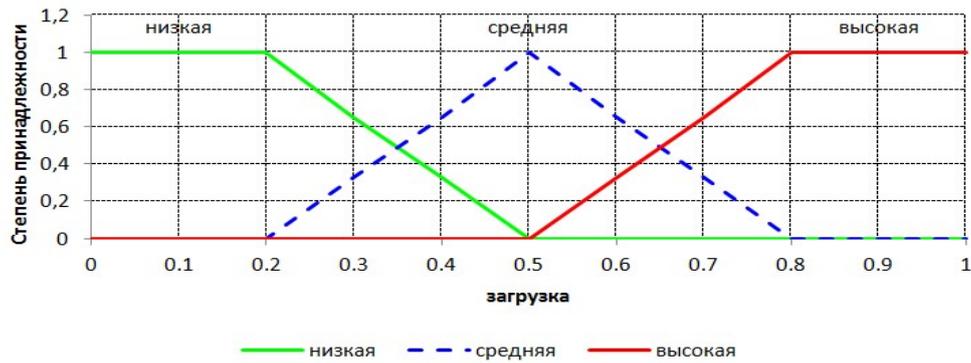


Рис. 1. Функция принадлежности входной переменной «Загрузка»

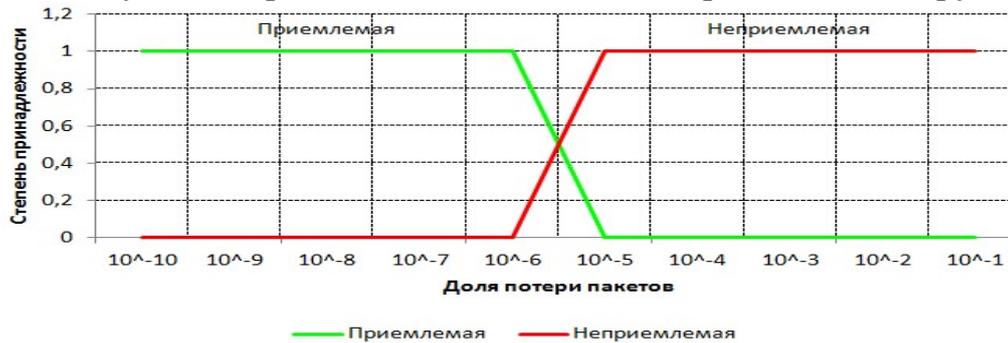


Рис. 2. Функция принадлежности входной переменной «Доля потери пакетов»

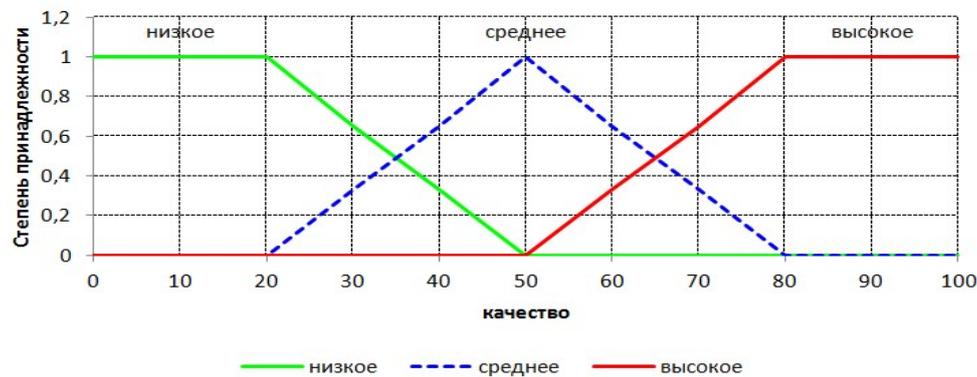


Рис. 3. Функций принадлежности выходной переменной «Качество»

Для создания, а также проверки степени адекватности нечеткой математической модели применялся пакет Fuzzy Logic Toolbox программного продукта MatLab.

После того как функций принадлежности были определены требуется создать базу правил для выбранных параметров. База правил это свод множества нечетких правил  $R_k, k=1, \dots, N$  вида (4):

$$R_k: \text{ЕСЛИ}(x_1 \text{ это } A_1^k \text{ И } x_2 \text{ это } A_2^k \dots \text{И } x_n \text{ это } A_n^k), \text{ТОГДА}(y_1 \text{ это } B_1^k) \quad (4)$$

где  $x_i$  – входные переменные,  $A_i^k$  – соответствующие им нечеткие множества,  $y_1$  – выходная переменная,  $B_1^k$  – соответствующее ему нечеткое множество.  $k=1, \dots, N$  - правила нечеткого логического вывода,  $N$  – количество правил нечеткого логического вывода,  $i=1, \dots, n$ .

Оценка влияния перегрузок в сети производится с использованием алгоритма нечеткого логического вывода Мамдани. В табл. 2 показана база



определенных правил или, как принято говорить, причинно-следственная связь между выбранными параметрами.

На рис. 4 рассмотрен пример оценки по данному своду правил: при загрузке сетевого элемента или канала равной 0.7 и доли потерь пакетов 10 в степени минус 2, получаем значение качества равным 30%, из чего можно сделать вывод, что такие значения перегрузки критичны для сети, так как качество передачи трафика не соответствует требованиям.

Таблица 2. База правил нечеткого вывода

Номер правила №	ЕСЛИ	И	То
	Загрузка	Доля потери пакетов	Качество
1	Низкая	Приемлемые	Высокое
2	Низкая	Неприемлемые	Низкое
3	Средняя	Приемлемые	Среднее
4	Средняя	Неприемлемые	Низкое
5	Высокая	Приемлемые	Среднее
6	Высокая	Неприемлемая	Низкое

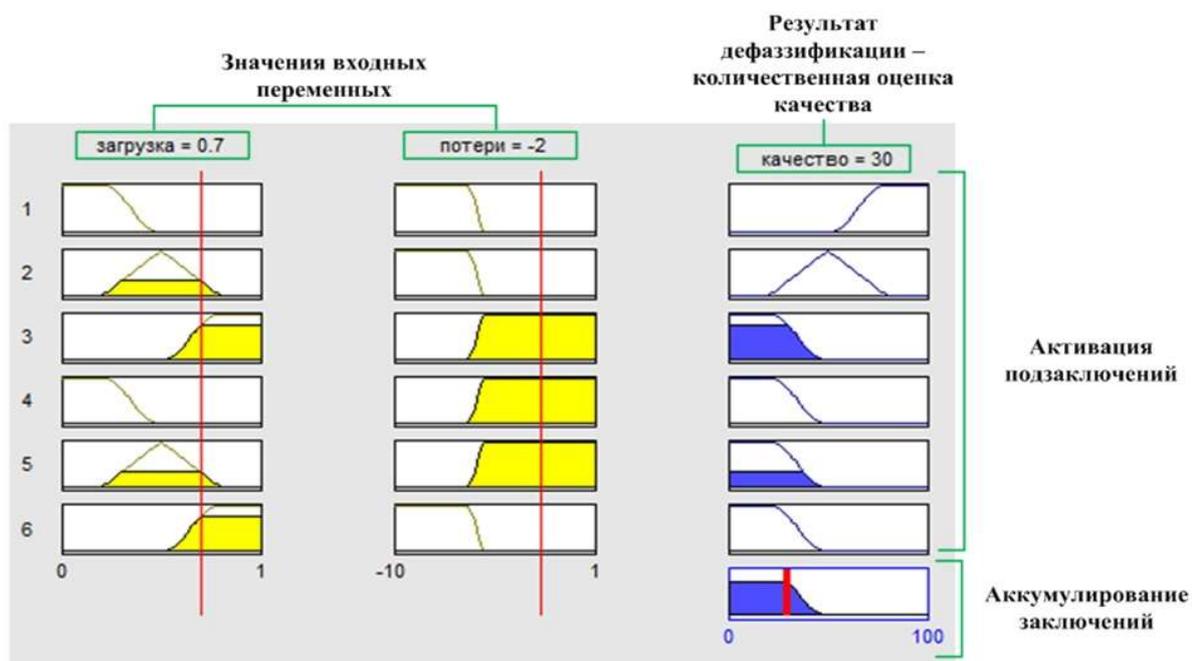


Рис. 4. Поэтапная оценка качества на основе нечеткой логики

На рис. 5 приведена зависимость влияния потерь пакетов при перегрузках в сети на качество предоставления услуги. Наглядно видно, что рост сетевой загрузки влечет за собой рост доли потерь пакетов и как следствие влечет за собой снижение показателя качества передачи трафика.

Для уменьшения потерь пакетов в перегруженных узлах и соединениях сети необходимо осуществлять перераспределение трафика. Построенная математическая модель на основе нечеткой логики позволяет верно определить



влияние потерь пакетов в следствие перегрузок на качество работоспособности сети, что позволяет вовремя реагировать и осуществлять контроль за загрузкой сети, тем самым обеспечивается высокая отказоустойчивость сети, так как нагрузка распределяется между элементами сети.

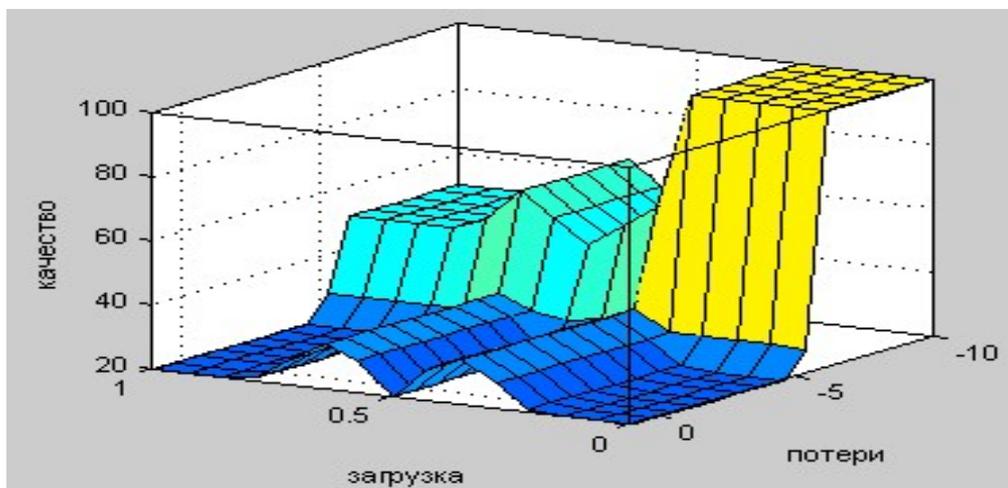


Рис. 5. Зависимость входных переменных на значение выходной переменной

### Литература

1. Ухоботов, В. И. Избранные главы теории нечетких множеств [Текст] : учеб. пособие / В.И. Ухоботов. Челябинск : Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2011. 245 с.

М.А. Верхотуров<sup>1</sup>, Г.Н. Верхотурова<sup>1</sup>,  
О.М. Верхотурова<sup>1</sup>, А.Н. Иванова<sup>2</sup>

### О МЕТОДАХ ОЦЕНКИ ВРЕМЕННЫХ РЕСУРСОВ ПРОГРАММНЫХ ПРОЕКТОВ

(<sup>1</sup>Уфимский государственный авиационный технический университет,  
<sup>2</sup>ООО "РН-УфаНИПИнефть")

### Аннотация

В работе рассматривается проблема повышения эффективности реализации программных проектов за счёт применения гибких методологий управления и улучшения точности оценок сроков реализации программных проектов. Предложены методы оценки временных ресурсов программных проектов. Приведены результаты вычислительного эксперимента.

### Введение

Для эффективного выполнения проекта, направленного на разработку программного обеспечения, особенно сложного, большое значение имеет процесс его планирования. Как правило, именно из-за ошибок в планировании



программный продукт не выпускается в срок или работы по его созданию не укладываются в выделенный бюджет.

Управление сроками проекта - это процесс, используемый для обеспечения своевременного завершения проекта. Для эффективного выполнения проекта, направленного на разработку программного обеспечения (ПО), большое значение имеет процесс его планирования, которое, в свою очередь, связано с выбранной моделью разработки ПО.

Одним из новых направлений в развитии методологий управления программными проектами является гибкое управление, которое стало чрезвычайно популярным в последние 15 лет. В процессе работы по гибкой методологии команда, а также заказчик, могут использовать для хранения, обработки и передачи информации специальные инструменты управления проектами. Среди них можно выделить Scrumban – доска задач для корпоративного портала 1С Битрикс, Jira – инструмент для планирования и отслеживания разработки ПО, портал для проведения покера планирования ([www.planningpoker.com](http://www.planningpoker.com)), программы для создания отчётов, бумажные и электронные носители [1].

### Методы оценки времени реализации программных проектов

На рисунке 1 приведена классификация методов оценки временных ресурсов программных проектов (включая методы традиционного подхода к управлению проектами).

**Покер планирования** (Planning Poker, а также Scrum poker) — техника оценки, основанная на достижении договорённости, главным образом используемая для оценки сложности предстоящей работы или относительного объёма решаемых задач при разработке программного обеспечения [2].

**Метод PERT** используется для оценки трудоёмкости или времени выполнения задач в рамках классического подхода к управлению проектами.

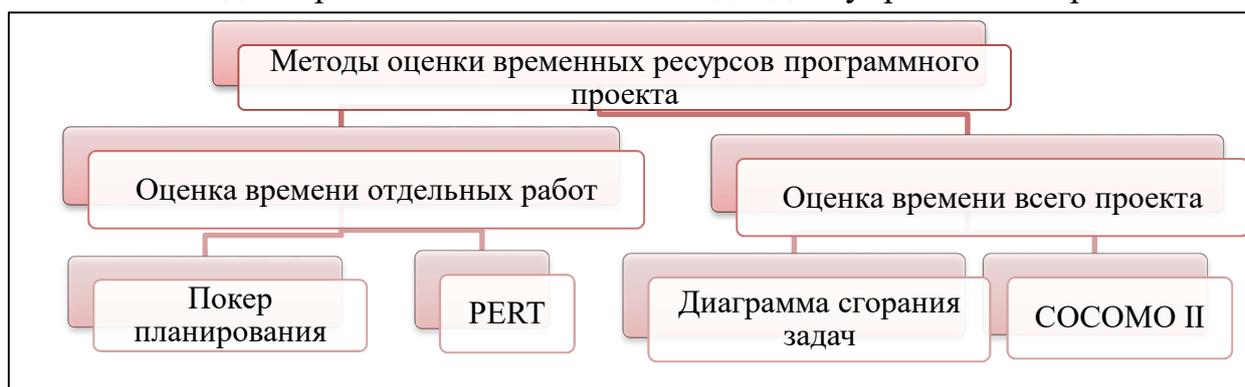


Рис. 1. Классификация методов оценки временных ресурсов программных проектов

Исходя из положений метода PERT длительность каждой работы имеет пределы, которые исходят из статистического распределения. В методе используются 3 вероятностные оценки длительности работы:

- оптимистичная оценка,  $t_{\min}$  (в условиях, если все риски не реализуются);



- наиболее вероятная оценка,  $t_{н.в.}$ ;
- пессимистичная оценка,  $t_{max}$  (в условиях, если все риски будут реализованы).

На основании этих оценок вычисляется лучшая оценка времени ( $t_{ож}$ ), требуемого для выполнения задачи (ожидаемое среднее время выполнения задачи).

$$\text{Стандартная формула: } t_{ож} = (t_{min} + 4*t_{н.в.} + t_{max}) / 6 \quad (1)$$

$$\text{Модифицированная формула: } t_{ож} = (3*t_{min} + 2*t_{max}) / 5 \quad (2)$$

Метод PERT можно применять для оценки времени выполнения работ в гибких методологиях управления программными проектами аналогично другому методу для оценки времени работ – покеру планирования. Отличие состоит в том, что в методе PERT используется несколько видов оценок от одного эксперта, а в покере планирования – по одной оценке от нескольких экспертов.

**Диаграмма сгорания задач** (англ. Burndown chart) – диаграмма, демонстрирующая количество сделанной и оставшейся работы относительно времени, планируемого на разработку проекта. Диаграмма сгорания задач помогает оценивать сроки реализации проекта [3]. Существуют два вида диаграммы:

- диаграмма сгорания работ для спринта — показывает, сколько уже задач сделано и сколько ещё остаётся сделать в текущем спринте;
- диаграмма сгорания работ для выпуска проекта — показывает, сколько уже задач сделано и сколько ещё остаётся сделать до выпуска продукта (обычно строится на базе нескольких спринтов).

**Методика СОСОМО** (COConstructive COst MOdel – модель издержек разработки) не имеет непосредственное отношение к гибким методологиям управления программными проектами, но позволяет оценить трудоёмкость и время разработки программного продукта [2].

Методика СОСОМО II является альтернативой для диаграммы сгорания задач, позволяя оценивать срок разработки программного продукта. Эту методику можно применять на начальных этапах разработки ПО, когда ещё нет достаточного количества данных для построения диаграммы сгорания задач.

### Вычислительный эксперимент

Для сравнения точности оценок рассматриваемых методов были использованы данные о разработке проекта по созданию диспетчера списков рассылки. Для вычислительного эксперимента, проводимого в данной работе, было отобрано 30 задач из бэклога рассматриваемого проекта. Время выполнения каждой задачи было оценено несколькими способами:

- покер планирования с использованием четырёх мер центральной тенденции для нахождения итоговой оценки: среднее гармоническое, среднее геометрическое, среднее арифметическое, среднее квадратическое;
- метод PERT (стандартный и модифицированный).



Для метода покера планирования было привлечено 4 эксперта, каждый из которых был ознакомлен с сутью всего проекта и отдельных оцениваемых задач. Оценки для метода PERT выставил один эксперт.

Для анализа точности полученных оценок времени выполнения было проведено их сравнение с фактическим временем выполнения задач ( $t_{\text{фак}}$ ). Для каждой полученной временной оценки было вычислено отклонение от фактического времени реализации задачи (в процентах).

Далее для каждого метода было вычислено среднее отклонение временных оценок по всем задачам от фактического времени их выполнения (в процентах), были подсчитаны доли задач, которые оценены в оптимистическую сторону (временная оценка меньше фактического времени) и в пессимистическую сторону (временная оценка больше фактического времени).

Таблица 2 – Результаты вычислительного эксперимента

	Покер планирования				PERT	
	Средн. гармон.	Средн. геомет.	Средн. арифм.	Средн. квадрат.	Станд.	Модиф.
Среднее отклонение оценок от $t_{\text{фак}}$	28,83%	32,24%	66,95%	104,51%	48,62%	50,79%
Кол-во задач с оценкой больше $t_{\text{фак}}$	14	22	29	30	2	2
Кол-во задач с оценкой меньше $t_{\text{фак}}$	16	8	1	0	28	28
Всего задач	30	30	30	30	30	30
Доля задач с запасом времени	46,67%	73,33%	96,67%	100%	6,67%	6,67%
Доля задач с нехваткой времени	53,33%	26,67%	3,33%	0%	93,33%	93,33%

Результаты вычислительного эксперимента (таблица 1), позволили сделать следующие выводы:

- самым точным из рассматриваемых методов является покер планирования с применением среднего гармонического (со средним отклонением оценок от фактического времени в 28,83%), затем – с применением среднего геометрического (32,24%);
- покер планирования с применением среднего арифметического и среднего квадратического является пессимистическим, т.е. оценивает время выполнения задач с временным запасом;
- метод PERT (стандартный и модифицированный) является оптимистическим, т.е. подходит для оценки времени задач, реализации которых способствуют благоприятные условия.

Таким образом, по точности оценок времени выполнения задач методы ранжируются в следующем порядке (от наиболее точного к наименее точному):



- 1) покер планирования с применением среднего гармонического;
- 2) покер планирования с применением среднего геометрического;
- 3) метод PERT (стандартный);
- 4) метод PERT (модифицированный);
- 5) покер планирования с применением среднего арифметического;
- 6) покер планирования с применением среднего квадратического.

### **Заключение**

Проведён вычислительный эксперимент, показавший, что самым точным из рассмотренных методов является покер планирования с применением среднего гармонического для нахождения итоговой оценки задачи (со средним отклонением оценок от фактического времени в 28,83%).

Покер планирования позволяет увеличить точность оценок временных ресурсов проектов на 20% по сравнению с методом PERT, применяемым при традиционном подходе.

Также по результатам вычислительного эксперимента выявлены методы, оценивающие сроки реализации задач с запасом времени (это покер планирования с применением среднего арифметического и среднего квадратического), и методы, оценивающие сроки задач с учётом существования благоприятных условий при реализации этих задач (это метод PERT).

### **Литература**

1. 2015 CHAOS Report // The Standish Group. URL: <https://www.standishgroup.com/store/chaos-report-2015-blue-pm2go-membership.html>.
2. Scrum Гибкая разработка ПО. Майк Кон. М.: Вильямс, 2011. — 576 с. : ил. — ISBN 978-5-8459-1731-7.
3. О применении гибких методологий при управлении разработкой программного обеспечения. / Пономарёва А.Н., Давлетбердина А.Р., Верхотурова Г.Н. // Конференция ITIDS: Труды V международной конференции «Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений». Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа: Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т, 16-19 мая, Уфа, Россия, 2017 – с. 100-102.

М.А. Верхотуров, Г.Н. Верхотурова,  
М.И. Айбулатов, Д.Р. Зарипов

**О ЗАДАЧЕ ПОСТРОЕНИЯ ПУТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА С УЧЕТОМ  
ТЕРМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ПРИ РАСКРОЕ ПЛОСКОГО МАТЕРИАЛА**

(Уфимский государственный авиационный технический университет)

### **Аннотация**

В работе рассматривается задача построения пути режущего инструмента с учётом термических воздействий на материал, возникающая в процессе



раскроя плоского материала с использованием лазерного, газового и т.д. оборудования. Приведена постановка задачи. Предложен подход к решению задачи моделирования изменения температуры раскраиваемого материала на базе дискретно - логического подхода. Приведены результаты вычислительного эксперимента.

### **Введение**

Процесс создания любого изделия начинается с изготовления его элементарных конструктивных составляющих — деталей. Детали представляют основную массу объектов на любом производственном предприятии, поэтому этап их изготовления является одним из наиболее трудоемких и сложных во всем производственном цикле создания изделия. Трудоемкость и сложность подготовки и организации изготовления деталей усугубляется тем, что многие изделия выпускаются в настоящее время в условиях единичного и мелкосерийного производства. В связи с большой номенклатурой деталей при производстве заготовок возникают сложности по организации технологического проектирования раскройно-заготовительных операций.

В процессе раскроя листовых материалов на фигурные заготовки одним из важнейших этапов является построение пути режущего инструмента. Оптимизация пути режущего инструмента может значительно снизить стоимость раскроя и в некоторой степени повысить качество получаемых заготовок [1].

Для изготовления заготовок и деталей из листовых материалов используют машины фигурной резки с числовым программным управлением (ЧПУ). Особую популярность приобрела лазерная резка, в основе которой используется сфокусированный лазерный луч, который нагревает поверхность в указанной точке до температуры испарения материала. Передвигая лазерный луч программно по заданному маршруту, создается рез материала нужной формы.

Обычно оптимизация пути сводится к минимизации длины холостого хода станка и уменьшения точек врезок, однако данный маршрут не учитывает соблюдение температурного режима материала. В зависимости от порядка вырезания фигур температура раскраиваемого материала может сильно варьироваться на различных локальных участках и вызывать перегрев материала с последующей возможной его деформацией, что может привести к ухудшению качества получаемых заготовок [2].

В связи с этим появляется необходимость учитывать термический фактор, позволяющий повысить качество получаемых заготовок по сравнению с обычной минимизацией пути холостого хода.

### **Постановка задачи**

**Дано (см. Рис.1.):**

- $L(a \times b)$  – раскраиваемая прямоугольная область;
- Заготовки  $\{S_i\}$ , где  $i = 1 \div n$  – номер заготовки;



- Контуры заготовок  $\{C_{ij}\}$ , где  $i$  – номер заготовки,  $j$  – номер контура заготовки  $i$ ,  $j = 1 \div m_i$  ( $m_i \geq 1$  – кол-во внешних и внутренних контуров заготовки  $S_i$ );
- Точки врезки в контуры  $\{P_{ij}\}$  – где  $i$  – номер заготовки,  $j$  – номер контура заготовки  $S_i$ ;
- $P_{нач}$  – начальное положение режущего инструмента.

**Найти:**

Такое  $R^*$ , что

$T(Tr(R^*), L) \leq t_{max}$ , где:

- $R = (P_{нач}, \dots, P_{ij}, \dots, P_{нач})$  – последовательность точек врезки контуров, где  $i = 1 \div n$ ,  $j = 1 \div m_i$ ;
- $Tr(R)$  – путь режущего инструмента при движении по последовательности точек  $R$
- $T(Tr(\cdot), L)$  – функция определяющая максимальную температуру точки  $(x, y)$  ( $0 \leq x \leq a, 0 \leq y \leq b$ ) раскраиваемого листа  $L$  во время резки по пути  $Tr(\cdot)$ .

**Дополнительные ограничения:**

Пусть  $Q_{ij}$  – порядковый номер осуществления вырезания контура  $C_{ij}$ , ( $Q_{ij} > 0, Q_{ij} \in Z$ ). При переходе от контура  $C_{ij}$  к контуру  $C_{kl}$ :  $Q_{kl} - Q_{ij} = 1$

**Ограничение 1:** При переходе между контурами одной и той же заготовки необходимо сначала вырезать все внутренние контуры, после чего внешний контур:

$$\forall C_{kj}, C_{k1} : Q_{k1} - Q_{kj} = 1, j > 1$$

должно соблюдаться следующее условие:

$$\forall C_{kb} : b > 1 \exists Q_{kb} : Q_{kb} \leq Q_{kj}, 0 < Q_{k1} - Q_{kb} < m_k$$

**Ограничение 2:** Пусть  $IN_{C_{il}} = \{D_k\}$  – множество всех заготовок, находящихся внутри контура  $C_{il}$  на первом уровне вложенности. Перед тем, как начать вырезать контур  $C_{il}$ , необходимо обязательно вырезать все заготовки, находящиеся во множестве  $IN_{C_{il}}$

$$\forall C_{k1} : D_k \in IN_{C_{il}}, l \in (1; m_i] \exists Q_{k1} : Q_{k1} < \min\{Q_{il}\}_{l=2}^{m_i}$$

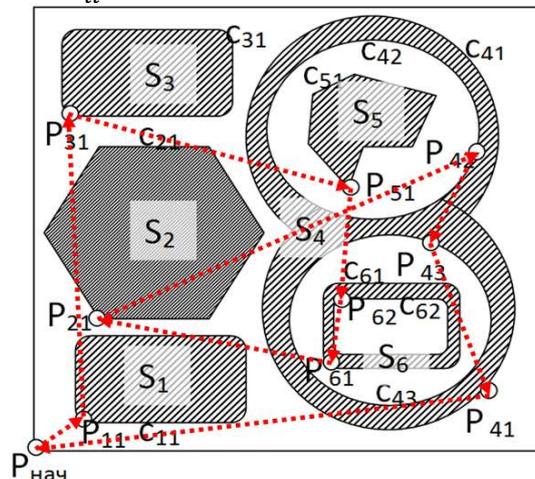


Рис. 1. Карта раскроя (заготовки  $S_i$ , контуры  $C_{ij}$ , точки врезки  $P_{ij}$ ) и путь режущего инструмента (пунктирные стрелки)



### Метод решения

Основная проблема при решении поставленной задачи заключается в сложности определения температуры любой точки листа в процессе его резки по тому или иному выбранному пути. Аналитически решить эту задачу не представляется возможным. В связи с этим был выбран подход, основанный на дискретно-логическом представлении информации, который был апробирован и показал хорошие результаты при решении задач двумерного и трёхмерного размещения объектов сложных геометрических форм [3,4].

#### **Нагрев области раскроя во время резки**

При движении режущего инструмента по пути  $Tr(\cdot)$  те точки области раскроя (листа  $L$ ), через которые он проходит во время резки контура  $C_{ij}$ , нагреваются до температуры плавления соответствующего материала.

#### **Распространение температуры**

Предложен следующий принцип распространения температуры в дискретном пространстве:

1) Для каждой области из 9 точек (при 8-связности) выбирается точка  $P$  с самой высокой температурой (Рис.2а).

2) Затем рассчитывается новая температура выбранной точки  $P$  в зависимости от:

$T$  – температура точки;

$\Delta T$  – кол-во тепла, передаваемое каждой соседней точке;

$Count$  – количество соседних точек;

$K_{m/проводности}$  – коэффициент распространения тепла ( $0 \leq K_{m/проводности} \leq 1$ );

$K_{m/потери}$  – коэффициент теплоотдачи в окружающую среду ( $0 \leq K_{m/потери} \leq 1$ );

$\Delta T = P.T * K_{m/проводности}$ ;

$P.T = (P.T - \Delta T * count) * K_{теплопотери}$ .

3) Для каждой из соседних точек  $S$  рассчитывается температура с учетом приращения  $\Delta T$  в зависимости от коэффициента теплопроводности  $K_{m/проводности}$  и теплопотери во внешнюю среду  $K_{теплопотери}$ :

$$S.T = (S.T + \Delta T) * K_{m/потери}$$

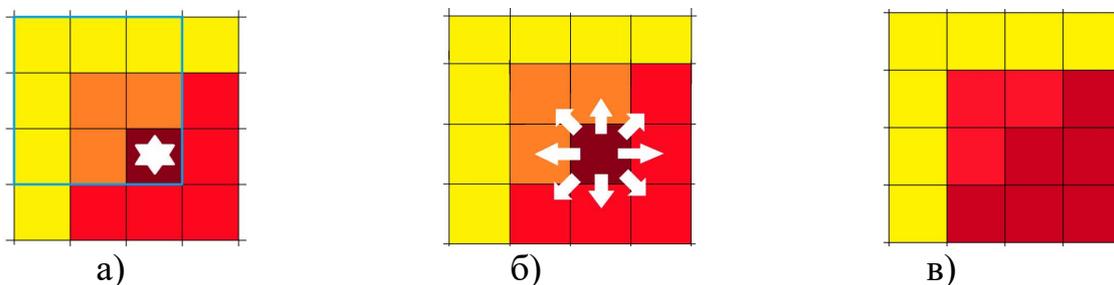


Рис. 2. Выбор точки с самой высокой температурой (а), направления распространения тепла (б) и результат распространения (в)



### Вычислительный эксперимент

Для апробации разработанных методов и алгоритмов был проведен вычислительный эксперимент на базе примера из [5]. В роли показателя при моделировании процесса раскроя с учетом термических воздействий было выбрано количество локальных перегревов материала. Сравнивались три алгоритма: «кратчайшего пути», «случайные переходы» и «*Realtime*», разработанный в данной работе и основанный на определении температуры в масштабе реального времени. Результаты экспериментов представлены ниже:

Таблица 1

Алгоритм построения пути режущего инструмента	Колич. локальных перегревов	Длина пути холостого хода
Минимизация длины пути	92	1891
Со случайными переходами	90	6968
« <i>Realtime</i> », разработанный в данной работе	68	4524

### Заключение

В работе был рассмотрен подход, включающий в себя математическую модель, методы, алгоритмы и программное обеспечение, к решению задачи построения пути режущего инструмента с учетом термических воздействий при раскрое плоского материала, основанный на дискретно-логическом представлении информации. По результатам проведенного эксперимента алгоритм «*Realtime*», разработанный в данной работе, показал эффективность на 26% выше алгоритма «кратчайшего пути». Длина пути холостого хода при использовании разработанного алгоритма возросла в 2.4 раза, по сравнению с алгоритмом кратчайшего пути. Пример карты раскроя с визуализацией нагрева в процессе резки показан на Рис.3.

В дальнейшем предполагается реализовать учет возможной деформации материала, описанный в [2].



Рис. 3. Карта раскроя, путь режущего инструмента и  $T$  точек листа

### Литература

1. Таваева А.Ф., Петунин А.А. Точное вычисление стоимости резки заготовок из листового материала на машине лазерной резки с числовым программным управлением в задаче оптимизации маршрута перемещения режущего инструмента // Моделирование, оптимизация и информационные технологии: электрон. науч. журн. 2018. № 4 (23). URL: [https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2018/10/TavaevaPetunin\\_4\\_18\\_1.pdf](https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2018/10/TavaevaPetunin_4_18_1.pdf)
2. Петунин А.А. О некоторых стратегиях формирования маршрута инструмента при разработке управляющих программ для машин термической резки материала // Вестн. Уфим. гос. авиац. техн. ун-т. Сер. Управление, вычислительная техника и информатика. 2009. Т. 13, № 2 (35). С. 280–286.
3. Мухачева Э.А., Верхотуров М.А., Мартынов В.В. Модели и методы расчета раскроя – упаковки геометрических объектов. - УГАТУ, Уфа: 1998.- 217с.
4. Verkhoturov M., Petunin A., Verkhoturova G., Danilov K., Kurennov D. The 3D Object Packing Problem into a Parallelepiped Container Based on Discrete-Logical Representation. IFAC-PapersOnLine 49 (12), 2016, 1-5.
5. Верхотуров М.А. Задача нерегулярного раскроя фигурных заготовок: оптимизация размещения и пути режущего инструмента // Вестн. Уфим. гос. авиац. техн. ун-т. Сер. Управление, вычислительная техника и информатика. 2007. Т. 9, № 2 (20). С. 106–118.



М.А. Верхотуров, Г.Н. Верхотурова, С.В. Петренко

## ПОИСК ЛОКАЛЬНОГО ЭКСТРЕМУМА ЗАДАЧИ РАЗМЕЩЕНИЯ МНОГОУГОЛЬНИКОВ В ОБЛАСТИ ИЗ АНИЗОТРОПНОГО МАТЕРИАЛА

(Уфимский государственный авиационный технический университет)

### Аннотация

Статья посвящена проблеме поиска локального экстремума для задачи размещения невыпуклых многоугольников на анизотропном материале. Область допустимых решений задается с использованием операторов конъюнкции и дизъюнкции, поиск локального экстремума осуществляется методом градиентного спуска.

### 1. Постановка задачи

Имеется область размещения  $S_0$  - невыпуклый многоугольник и набор невыпуклых многоугольников  $S=(S_1, S_2, \dots, S_m)$  (рис. 1). Размещением многоугольников назовем вектор  $v=(v_1, v_2, \dots, v_m)=(x_1, y_1, x_2, y_2, \dots, x_m, y_m)$ , где  $v_i=(x_i, y_i)$  – координаты точки условного центра многоугольника  $S_i$  относительно центра многоугольника  $S_0$ . Требуется найти вектор  $v$ , минимизирующий длину  $l$  занятой части области  $S_0$ . Ориентация многоугольников фиксирована и должны выполняться следующие условия: многоугольники не должны пересекаться друг с другом и целиком находиться внутри области  $S_0$ .

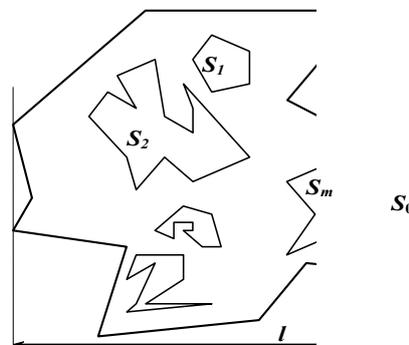


Рис. 1. Задача размещения

Глобальное решение  $x'$  задачи нахождения минимума некоторой функции  $F(x)$  на области допустимых решений  $D$  определяется как:  $x' = \arg \min_D F(x)$ .

Локальное решение  $x''$  может быть записано как  $x'' = \arg \min_{D' \subset D} F(x)$ , где  $D'$  – некоторая подобласть области  $D$ . Для задачи упаковки:  $x=(v, l)=(x_1, y_1, x_2, y_2, \dots, x_m, y_m, l)$ ,  $F(x)=l$ . Данная задача является  $NP$ -трудной. Точные методы поиска ее глобального экстремума на практике не дают решение задачи за приемлемое время даже для относительно небольшого числа многоугольников, поэтому применяются методы поиска локального экстремума. Базовые работы в этом направлении принадлежат Харьковской школе раскроя и упаковки академика Ю.Стояна [1].



## 2. Этапы решения задачи

Процесс решения задачи разбивается на следующие этапы:

1. построение области допустимых решений:
  - получение областей допустимого положения многоугольников относительно друг друга и области размещения;
  - описание области  $D$  в виде композиций объединений и пересечений неравенств;
2. нахождение локального экстремума.

### 2.1. Построение области допустимых решений

Для нахождения области допустимых решений  $H$  применяется алгоритм, предложенный в [2].  $H(A,B)$  обозначает область допустимого размещения многоугольника  $B$  относительно  $A$  или внутри  $A$ , если  $A$  – область размещения, а  $h(A,B)$  – многоугольник, ограничивающий область  $H$ . Область допустимых

решений можно определить выражением:  $D = \bigcap_{i=1}^K H_i$ , где  $K = m + m(m-1)/2$  –

число всех допустимых областей для всех пар многоугольников и многоугольников и области;  $H_i = H(S_0, S_i)$  ( $i=1,2,\dots,m$ );  $H_i = H(S_j, S_u)$  ( $j=1,2,\dots,m-1$ ;

$u=j+1,\dots,m$ ;  $i=m+1,\dots,K$ ). Введем обозначения:  $conv(A)$  – выпуклая оболочка некоторого многоугольника  $A$ ;  $f_u(v)$  – неравенство, соответствующее гиперплоскости  $u$ -ого ребра многоугольника  $T^0$ , размещенного в точке  $v$  ( $u=1, 2, \dots, k$ ). Область внутри многоугольника  $T^0$  представляется в виде пересечения

линейных неравенств  $T^0 = \bigcap_{U_1^0} f_u(v) \bigcap_{r=1}^{m_1^0} \left( \bigcup_{U_r^1} f_u(v) \bigcup_{q=1}^{m_r^1} \left( \bigcap_{U_q^2} f_u(v) \dots \right) \right)$ .

Для области вне многоугольника  $T^0$  выражение будет иметь вид:

$T^0 = \bigcup_{U_1^0} f_u(v) \bigcup_{r=1}^{m_1^0} \left( \bigcap_{U_r^1} f_u(v) \bigcap_{q=1}^{m_r^1} \left( \bigcup_{U_q^2} f_u(v) \dots \right) \right)$ . Для того, чтобы задать область

допустимых решений задачи полностью, необходимо учесть тот факт, что многоугольники должны быть расположены с левой стороны от ограничивающей занятую область линии. Таким образом, выражение для

области допустимых решений принимает вид:  $D = \bigcap_{i=1}^m H_i \bigcap_{i=m+1}^K H_i \bigcap_{i=1}^m (x_i + dx_i \leq l)$ ,

где  $(l - dx_i)$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ) определяет максимальное значение  $x_i$  для размещения многоугольника  $S_i$  с левой стороны от прямой  $x = x_{\min} + l$ ,  $x_{\min} = \min_{x \in S_0} x$ ;  $H_i$  ( $i=1,$

$2, \dots, m$ ) представляется в виде конечного выражения следующей структуры:

$$T = \begin{cases} (T \cup T \cup \dots \cup T) \\ (T \cap T \cap \dots \cap T) \\ (f(x) \cup f(x) \cup \dots \cup f(x)) \\ (f(x) \cap f(x) \cap \dots \cap f(x)) \end{cases}'$$



где  $f(x)$  – линейное неравенство, определяющее одно из ребер области  $H_i$ , помещенное в точку:  $x=(v,l)=(x_1, y_1, x_2, y_2, \dots, x_m, y_m, l) \in R^{2m+1}$ .

## 2.2. Поиск локального экстремума на заданной области допустимых решений

Задачу поиска локального экстремума можно формально записать как:

$$x' = \operatorname{argmin}_D cx,$$

где  $c = (0, 0, \dots, 1)$ ;  $D$  – область допустимых решений.

Для нахождения локального минимума этой задачи воспользуемся методом градиентного спуска.

Пусть  $x_0$  – некоторое допустимое решение. Процесс решения состоит из шагов, на каждом из которых выполняется поиск вектора  $g$  и длины шага  $\alpha$ . Следующее приближение вычисляется по формуле:

$$x_{k+1} = x_k + \alpha g.$$

Для выбора направления движения используется метод «активных» неравенств [1, 3]. «Активными» для размещения  $x_k$  называются те неравенства  $f(x)$ , которые при  $x = x_k$  превращаются в равенства. Неравенства, используемые для описания области допустимых решений можно записать в виде:  $f(x) = xn + b \leq 0$ , где  $n$  – вектор нормали гиперплоскости в пространстве  $R^{2m+1}$ , которая соответствует данному неравенству.

Пусть  $F_a$  – множество неравенств, активных в точке  $x_k$ ,  $N_a$  – множество векторов нормалей этих неравенств, тогда задача выбора направления движения принимает следующий вид: найти  $g = \min (g'c)$  при условиях:  $|g'|=|c|$ ; для активных неравенств  $(x_k + g')n + b \leq 0$ .

Учитывая  $|c|=1 \Rightarrow |g'|=1$  или  $g'^2=1$ , первое условие заменим более простыми  $g'_i \leq 1$  и  $g'_i \geq -1$ . Второе, с учетом  $x_k n + b = f(x) = 0$ , можно свести к  $g'n \leq 0$ ,  $n \in N_a$ . В результате получается задача линейного программирования, которую можно записать следующим образом:

$$g' = \gamma - \beta \Rightarrow \text{найти } \min (c\gamma - c\beta)$$

$$u_j = -n\gamma + n\beta, n \in N_a$$

$$y_i = -\gamma_i + \beta_i + 1, i = 1, 2, \dots, 2m+1$$

$$z_i = \gamma_i - \beta_i + 1, i = 1, 2, \dots, m$$

$$\gamma_i \geq 0, \beta_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, m$$

Для ее решения используется симплекс-метод, начальное базисное решение которого  $u = 0, y = 1, z = 1, \gamma = 0$  и  $\beta = 0$  вытекает из формы записи задачи.

Далее находится вектор  $g$  направления изменения  $x_k$ , имеющий минимальное расхождение с вектором уменьшения функции цели, и длина шага  $\alpha$ .



Пусть  $\beta = (vn) + b$ ,  $\gamma = (gn)$ , тогда расстояние  $r$  от точки  $x_k$  вдоль единичного вектора  $g$  до гиперплоскости  $x_k n + b$  определяется выражением  $r = -\beta / \gamma$ .

Пусть  $\alpha \in [r_1, r_2]$  – обозначение диапазона ( $r_1 \leq \alpha \leq r_2$ );  $\alpha \in ]r_1, r_2[$  – обозначение диапазона ( $\alpha \leq r_1, \alpha \geq r_2$ ), где  $r_1, r_2 \in R^1, r_1 < r_2$ .

Исключаются из рассмотрения те  $H_i$  ( $i=m+1, m+2, \dots, K$ ), выпуклые оболочки  $h_i$  которых не пересекаются лучом  $(x_k, g)$ . Для каждого пересечения неравенств  $\bigcap_{u \in U} x n_u + b_u \leq 0$  определяется диапазон  $[r_1, r_2]$ :

$$r_1 = \max \left\{ \max_{u \in U: \gamma_u > 0} \left\{ -\frac{\beta_u}{\gamma_u} \right\}, -\infty \right\}, r_2 = \min \left\{ \min_{u \in U: \gamma_u < 0} \left\{ -\frac{\beta_u}{\gamma_u} \right\}, +\infty \right\}, \quad \text{для объединения}$$

$$\bigcup_{u \in U} x n_u + b_u \leq 0 \quad \text{диапазон} \quad ]r_1, r_2[: \quad r_1 = \max \left\{ \max_{u \in U: \gamma_u < 0} \left\{ \frac{\beta_u}{\gamma_u} \right\}, -\infty \right\},$$

$$r_2 = \min \left\{ \min_{u \in U: \gamma_u > 0} \left\{ \frac{\beta_u}{\gamma_u} \right\}, +\infty \right\}. \text{ Если } r_1 > r_2 \Rightarrow r_1 = -\infty, r_2 = +\infty.$$

$$\text{В результате получается: } \alpha \in T, \text{ где } T' = \begin{cases} (T' \cup T' \cup \dots \cup T') \\ (T' \cap T' \cap \dots \cap T') \\ [r_1, r_2] \\ ]r_1, r_2[ \end{cases}$$

Выполняется разбор выражения  $T'$ . Результатом каждого шага является последовательность вида:  $P = (\delta_1, r_1, \delta_2, r_2, \dots, \delta_n, r_n)$ , где  $r_i \in R^1$  – граница диапазона ( $r_i < r_{i+1}$ );  $\delta_i$  – знак  $\leq$  или  $\geq$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ), которая фиксирует допустимые диапазоны  $\alpha$ . Выбирается максимальное значение  $\alpha$  из последовательности  $P$ .

Получив вектор направления движения и длину шага, можно рассчитать следующее приближение  $x_{k+1}$ . Процесс поиска решения прекращается, если на очередном шаге  $(cg) \geq 0$ .

### 3. Заключение

Использование предложенного метода позволяет находить локальный экстремум задачи размещения ориентированных многоугольников для любого допустимого решения. По сравнению с аналогичными подходами, основанными на идеологии активного набора, представленный метод имеет более широкие возможности получения следующего приближения за счет рассмотрения всей области допустимых решений при определении длины шага, а не ее некоторой подобласти.



### Литература

1. Стоян Ю.Г., Новожилова М.В., Карташов А.В. Математическая модель и оптимизация  $E_k(R^2)$  – задач размещения. Харьков. 1991. (Препр./АН УССР. Институт проблем машиностроения; № 353).
2. Bennell J.A., Song X “A comprehensive and robust procedure for obtaining the nofit polygon using Minkowski sums”. 2005.
3. Гилл Ф., Мюррей У., Райт М. Практическая оптимизация. – М.:Мир,1985. – 509с.

С.З. Владимиров, А.О. Новиков, Н.Г. Чернобровин, И.С. Черномырдин

## ПРОГРАММА УПРАВЛЕНИЯ ВАКУУМНО-ВЫПАРНОЙ УСТАНОВКОЙ

(Самарский университет, ООО "Пролог")

Программа создана для автоматизации управления технологическим оборудованием ступенчатой вакуумно-выпарной установки опреснения морской воды [1].

Программное обеспечение (далее ПО) разработано в среде разработки прикладных программ для программируемых логических контроллеров (далее ПЛК) и проектирования программ для панелей управления и SCADA систем Siemens S7 TIA Portal v13.SP1. Программное обеспечение для ПЛК S7-315 написано на языках LAD и SCL.

Программное обеспечение обеспечивает:

- контроль состояния установки (уровни, температуры, давления и т.д.);
- управление механизмами установки (насосы, нагреватели, задвижки и т.д.);
- управление механизмами в ручном и автоматическом режиме;
- диагностику датчиков и механизмов.

Программное обеспечение позволяет управлять установкой как в ручном, так и в автоматическом режиме.

Ручной режим используется для пусконаладочных и ремонтных работ и позволяет управлять любым механизмом в отдельности и контролировать его состояние.

Автоматический режим является основным и обеспечивает функционирование установки в соответствии с заданным алгоритмом. Включает в себя ряд регуляторов, обеспечивающих необходимый технологический режим:

- регулирование давления исходной воды в ступени;
- подогрев исходной воды в 1-5 ступенях;
- заполнение (поддержание уровня) емкости блока вакуумирования;
- работа клапанов подачи исходной воды в 1-5 ступенях;
- работа клапанов удаления воздуха из 1-5 ступеней;
- управление откачкой дистиллята;



- управление откачкой рассола;
- удаление дистиллята в дренаж.

Каждый из регуляторов может включаться и выключаться при необходимости (например, при запуске или остановке установки).

Режим работы может быть задан как для каждого регулятора или механизма в отдельности, так и всего комплекса в целом. Также ведется отсчет текущего времени для привязки событий к реальному.

В процессе работы ПО производит диагностику состояний датчиков и механизмов и производит необходимые блокировки для исключения аварийных ситуаций в работе установки.

Параметры и режим работы регуляторов задаются с панели управления или SCADA системы автоматизированного рабочего места (АРМ) оператора.

Обмен данными (входными и выходными) между ПЛК и панелью управления, а также со SCADA системой производится через блоки данных (DB) ПЛК.

Входными данными для ПЛК являются дискретные и аналоговые сигналы, поступающие от соответствующих датчиков установки.

Выходными данными для ПЛК являются дискретные и аналоговые сигналы управления исполнительными механизмами установки.

### Литература

1. Бирюк В.В., Благин Е.В., Горшкалев А.А., Цапкова А.Б., Шиманов А.А. Влияние изменения солености морской воды на работу водо-рассольного и водо-дистиллятного нагревателей установки вакуумно-выпарной// Успехи современной науки. 2016. т.8. №12. с.177-180

Н.В. Ефимушкина

## ИМИТАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ОДНОРАНГОВЫХ ЛОКАЛЬНЫХ СЕТЕЙ

(Самарский государственный технический университет)

*Аннотация:* Описывается подход к разработке имитационных моделей современных одноранговых компьютерных сетей. Моделирующие программы позволяют исследовать типовые структуры этих сетей и режимы их работы. В ней применяются принципы анимации для обеспечения наглядности и лучшего усвоения материала.

*Ключевые слова:* имитация, локальная сеть, станция, пакет, помехи.

### Введение

Общеизвестно, что современные вычислительные сети характеризуются сложными структурами и режимами функционирования. Для изучения особенностей их работы используются методы теории вычислительных систем (ВС) [1, 3]. При этом применяются аналитические, имитационные и



экспериментальные методы. Наиболее достоверные результаты позволяют получить эксперименты непосредственно над объектом в реальных или специально созданных условиях. Высокая сложность вычислительных сетей ограничивает применение этих методов для обучения студентов.

### **Формулировка проблемы**

Наиболее перспективными представляются методы имитационного моделирования. Основным достоинством этих методов является универсальность. Моделирующая программа содержит процедуры, воспроизводящие структуру системы и протекающие в ней процессы. Предлагаемые модели предназначены для исследования типовых одноранговых компьютерных сетей, которые имеют архитектуру типа Ethernet.

При разработке моделей решались следующие проблемы:

- 1) Определение целей исследования и характеристик, которые должны быть получены с помощью моделей;
- 2) Выбор основных элементов исследуемой сети, которые должны быть отображены в модели;
- 3) Определение уровня детализации параметров объекта;
- 4) Оценка адекватности модели.

При решении первой проблемы было принято, что наиболее важными характеристиками сетей является их производительность и время доставки информации адресату. Разрабатываемые модели должны были обеспечить оценку таких характеристик. Остальные проблемы решались с учетом этой цели.

Так, в структуру объекта исследования были включены следующие устройства:

- а) Станции сети – компьютеры, выполняющие программы пользователей и передающие сообщения адресатам;
- б) Канал (линия связи), связывающий станции и обеспечивающий обмен информацией.

Одноранговая сеть имеет простейшую линейную архитектуру, которая отображена в модели.

Что касается состава параметров, характеризующих объект, они должны демонстрировать основные особенности функционирования сети. При этом второстепенные факторы, усложняющие процесс исследования, были отброшены. Такой подход привел к использованию упрощенной модели подсистемы. Например, в ней не отображается внутренняя структура станций. Модель содержит минимальное количество элементов, оказывающих влияние на работу сети.

В качестве основного элемента, порождающего процессы, протекающие в сети, выбрана задача (программа) пользователя. Для сети важнейшей является операция передачи пакетов сообщений. Поэтому основным параметром задач является количество передаваемых пакетов и интервалы между моментами их отправки, а также адреса получателей сообщений. В одноранговых сетях передача пакетов происходит в случайные моменты времени, поэтому



интервалы между такими передачами являются случайными величинами. Кроме того, в каналах исследуемых сетей могут возникать помехи. Длительность помех и интервалы между ними также являются случайными.

Адекватность модели, как известно, определяется ее погрешностями. Результаты измерения основных характеристик сети показали, что погрешности моделирования не превышают 15 %, что вполне приемлемо для изучения их работы.

### **Описание моделей для исследования одноранговых сетей**

Предлагаемые модели представляют собой программы имитационного моделирования современных одноранговых сетей, имеющих архитектуру типа Ethernet. Она предназначена для проведения лабораторных работ по дисциплине «Компьютерные сети и телекоммуникации» для направлений 09.03.01 и 09.03.04. Программа может быть полезна при исследовании реальных сетей, имеющих подобную архитектуру. Она позволяет изучить особенности организации вычислительных процессов в сетях с линейной топологией и случайным методом доступа к каналу. Имеется возможность исследовать влияние разнообразных факторов на производительность сети. Программы обеспечивают оценку временных характеристик и позволяют накопить результаты нескольких экспериментов, чтобы выбрать наилучшие параметры режима работы сети.

Для исследования одноранговых сетей разработано две программы. Одна имитирует работу сети без помех в канале, а другая – с помехами. Случайный доступ, как известно, реализуется с использованием проверки наложений (столкновений) передаваемых пакетов, а также с проверкой несущей частоты в канале. В моделях реализованы оба метода.

Исходными данными для первой моделирующей программы являются:

- количество станций (компьютеров);
- число задач, выполняемых на одной станции;
- длина и число пакетов, передаваемых задачами в линию связи;
- интервал между пакетами;
- пропускная способность канала связи.

Результатом моделирования являются следующие данные:

- среднее время выполнения задачи;
- количество конфликтов (наложений пакетов) в сети.

Для второй программы, кроме перечисленных выше параметров станций и задач, в качестве исходных данных используются параметры помех в канале:

- максимальная длительность помехи,
- максимальное количество попыток повторной передачи пакета при искажении вследствие действия помех.

Моделируемая сеть может содержать до 10 станций, соединенных между собой каналом связи. Во время моделирования работа каждой станции представляется закраской ее на схеме соответствующим цветом. Станция может находиться в состоянии обслуживания программы или передачи пакета.



Пакеты передаются в канал в случайные моменты. Максимальное значение интервала времени между отправлениями двух соседних пакетов, как отмечалось выше, является характеристикой соответствующей программы. Передача пакета в модели представляется закраской канала цветом его станции.

Важной особенностью и недостатком случайного метода доступа к каналу являются наложения (столкновения) пакетов. В модели предусмотрено обнаружение этой ситуации, что отмечается на временной диаграмме результатов, прекращение передачи и возобновление ее через случайный промежуток времени. Количество столкновений подсчитывается программой и является одной из характеристик сети. Экранная форма процесса моделирования сети без помех в канале приведена на рисунке 1.

Во второй модели процесс работы станций воспроизводится так же, как в первой. При этом помехи представляются на временной диаграмме группой серых линий, количество которых соответствует их длительности. Экранная форма процесса моделирования в этом случае приведена на рисунке 2.

### Заключение

Имитационные модели разработаны с использованием универсальной среды Delphi 2010. Они являются упрощенными и воспроизводят основные элементы структуры и режимов функционирования одноранговых сетей, что обеспечивает простоту усвоения материала и позволяет определять наиболее оптимальные параметры структур и режимов. Важной особенностью модели является применение анимации. Она обеспечивает максимальную наглядность и оптимальный режим обучения.

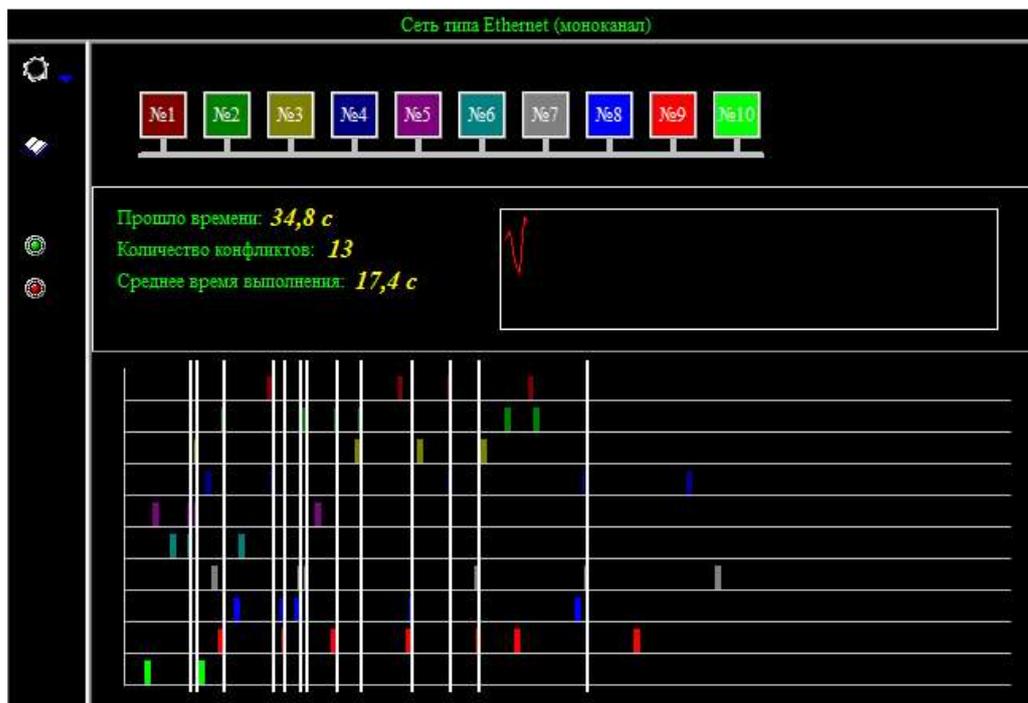


Рис. 1. Экранная форма процесса моделирования одноранговой сети без помех

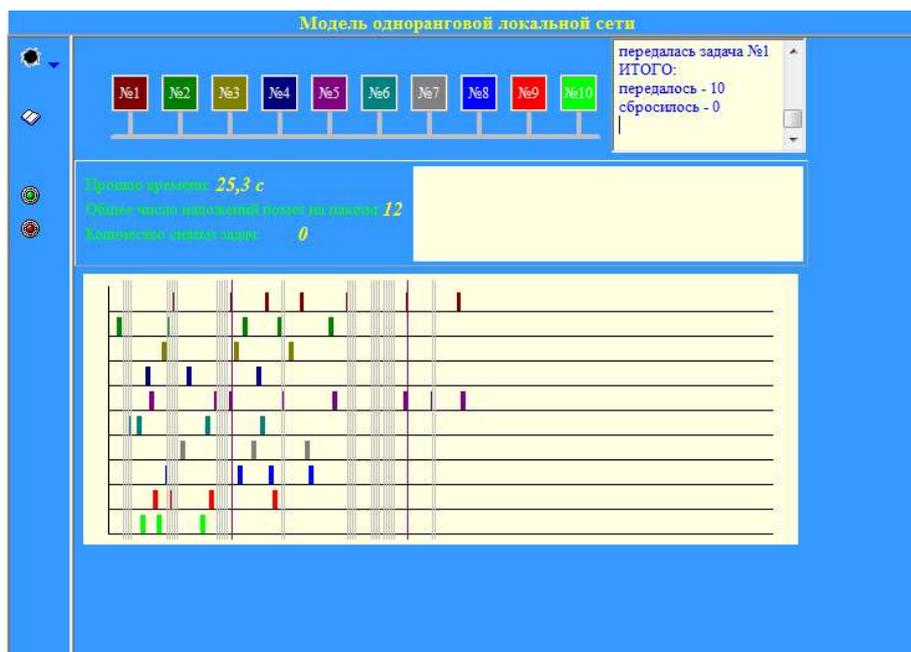


Рис. 2. Экранная форма процесса моделирования одноранговой сети с помехами в канале

### Литература

1. Таненбаум, Э. Архитектура компьютера: пер. с англ. / Э. Таненбаум.- Изд. 5-е.- СПб., 2010. - 848 с.
2. Организация вычислительных машин и систем/ С.П.Орлов, Н.В. Ефимушкина. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2016. – 304 с.
3. Orlov S.P. and Efimushkina N.V., “Simulation models for parallel computing structures”, 2016 XIX IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM), IEEE Conference Publications. V.1. P. 231-234. Publisher: IEEE Xplore, 2016.

В.Е. Зотеев, Е.В. Башкинова, П. В. Староквашева

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

(Самарский государственный технический университет)

Одной из основных производственно-экономических систем регионального промышленного комплекса Самарской области является энергетическая система, которая включает в себя семь теплоцентралей и несколько достаточно мощных отопительных котельных, обеспечивающих города Самарской области тепловой энергией и частично электрической, выработанной по теплофикационному циклу. Энергетика Самарской области входит в первую десятку отраслей промышленности по доле вклада в валовый региональный продукт. Объем производимой энергосистемой продукции



составляет 5-7% от объема промышленного производства Самарской области [1].

В работах, посвященных системному анализу эффективности региональной энергетики, особое внимание уделяется построению и идентификации математических моделей энергосистемы Самарской области, как основы анализа эффективности функционирования энергетических производств и разработки систем поддержки принятия решений, построенных с использованием необходимого модельного обеспечения [1,2].

В этих работах при математическом моделировании региональной энергосистемы исследовалось влияние капитальных  $x_1$ , трудовых  $x_2$  и топливных  $x_3$  ресурсов на величину выпуска продукции энергосистемой – суммарный объем производства  $y$  электрической и тепловой энергии:  $y = f(x_1, x_2, x_3)$ .

В качестве показателей эффективности энергопроизводств были выбраны факторные эластичности  $E_{x_i}(y) = \frac{x_i}{y} \frac{\partial y}{\partial x_i}$ ,  $i=1,2,3$ , которые приближенно показывают на сколько процентов изменится объем производства энергии при изменении фактора  $x_i$ ,  $i=1,2,3$ , на 1%. С учетом этого в качестве функциональной зависимости, описывающей математическую модель энергосистемы Самарской области, была выбрана трехфакторная степенная производственная функция Кобба-Дугласа [1,2]:

$$\hat{y}(t) = Ax_1(t)^\alpha x_2(t)^\beta x_3(t)^\gamma. \quad (1)$$

Для этой модели факторные эластичности  $E_{x_i}(y)$  совпадают с параметрами модели (1):  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$ . Действительно, например, для фактора  $x_1$  имеем:  $E_{x_1}(y) = \frac{x_1}{y} \frac{\partial y}{\partial x_1} = \frac{x_1}{y} \cdot \alpha \cdot Ax_1^{\alpha-1} x_2^\beta x_3^\gamma = \alpha \frac{Ax_1^\alpha x_2^\beta x_3^\gamma}{Ax_1^\alpha x_2^\beta x_3^\gamma} = \alpha$ .

Таким образом, производственно-экономическая задача оценки показателей эффективности функционирования энергопроизводств сводится к математической задаче нелинейного регрессионного анализа – среднеквадратичному оцениванию параметров  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  модели (1).

Параметрическая идентификация и анализ модели (1) в работах [1,2] проводились на основе статистических данных, публикуемых в ежегодной отчетности региональных министерств и энергетических компаний за 1990-2017 гг. При решении такой задачи – задачи нелинейного регрессионного анализа – среднеквадратичные оценки параметров модели обычно находятся из условия минимизации остаточной суммы квадратов:  $\|y - \hat{y}\|^2 \rightarrow \min$ , где  $y$  – вектор статистических данных,  $\hat{y}$  – вектор результатов расчета по модели (1). Однако на практике применение известных методов нелинейной регрессии ограничено проблемами, связанными как со сходимостью итерационных процедур уточнения среднеквадратичных оценок, так и с выбором начального



приближения этих оценок [3]. Поэтому в работах [1,2] использовалась линеаризация модели (1) посредством логарифмирования:  $\ln \hat{y}_k = \ln A + \alpha \ln x_{1k} + \beta \ln x_{2k} + \gamma \ln x_{3k}$ ,  $k = \overline{1,28}$ , где  $x_{1k}$ ,  $x_{2k}$  и  $x_{3k}$  – статистические данные за 1990-2017 гг. по капитальным, трудовым и топливным ресурсам, соответственно.

При таком подходе оценки параметров модели (1) достаточно просто вычисляются из условия минимизации квадрата невязки

$$\|n\|^2 = \sum_{k=1}^{28} (\ln y_k - \ln \hat{y}_k)^2 \rightarrow \min, \quad (2)$$

посредством решения нормальной системы четырех линейных алгебраических уравнений относительно неизвестных  $\ln A$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$ . Результаты вычислений приведены в третьей строке таблицы 1, а построенная таким образом модель в форме производственной функции Кобба-Дугласа имеет вид:

$$\hat{y}_k = 0,899x_{1k}^{-0,026}x_{2k}^{-0,087}x_{3k}^{0,961}, \quad k = \overline{1,28}. \quad (3)$$

Таблица 1

	$A$	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$Q_{\text{ост}}$	$s_{\text{ост}}^2$
min	0,999	0,020	-0,048	1,104	0,032	0,0013
модель (3)	0,899	-0,026	-0,087	0,961	0,039	0,0016
модель (4)	0,989	0,013	-0,053	1,080	0,033	0,0014

Остаточная сумма квадратов  $\|y - \hat{y}\|^2 = \sum_{k=1}^{28} (y_k - \hat{y}_k)^2$ , где  $y_k$  –

статистические данные по суммарному выпуску продукции энергосистемой за 1990-2017 гг.,  $\hat{y}_k$  – результаты расчета по модели (3), равна  $Q_{\text{ост1}} = 0,039$ .

Описанная в работах [1,2] математическая модель функционирования энергосистемы Самарской области в виде (3) имеет ряд недостатков, которые при её использовании могут существенно повлиять на эффективность управления энергосистемой во взаимодействии с производственно-экономическими системами городского и областного уровней.

Во-первых, статистический анализ построенной модели (3) показал, что её параметры не обеспечивают минимума среднеквадратичного отклонения от статистических данных, который составляет  $\min Q_{\text{ост}} = 0,032$ . Казалось бы, не очень большое различие (19%), однако, вследствие этого оценки коэффициентов эластичности существенно отличаются от оптимальных – на десятки и сотни процентов. Более того, оценка коэффициента эластичности  $\alpha$  имеет противоположный знак, и поэтому считать достоверной эту оценку не имеет смысла.

Для устранения этого недостатка преобразуем нелинейную регрессионную модель  $y_k = Ax_{1k}^{\alpha}x_{2k}^{\beta}x_{3k}^{\gamma} + \varepsilon_k$ , построенную на основе производственной функции Кобба-Дугласа, где  $\varepsilon_k$  – случайная величина,



характеризующая разброс статистических данных  $y_k$  относительно модели  $\hat{y}_k$ , к виду

$$\ln y_k = \ln A + \alpha \ln x_{1k} + \beta \ln x_{2k} + \gamma \ln x_{3k} - \ln \left( 1 - \frac{\varepsilon_k}{y_k} \right).$$

Используя при малых  $\varepsilon_k$  аппроксимацию  $\eta_k = -\ln \left( 1 - \frac{\varepsilon_k}{y_k} \right) \approx \frac{\varepsilon_k}{y_k}$ , с точностью до бесконечно малых порядка  $O(\varepsilon^2)$  приводим линейную регрессионную модель к виду

$$y_k \ln y_k = \lambda_1 y_k + \lambda_2 y_k \ln x_{1,k} + \lambda_3 y_k \ln x_{2,k} + \lambda_4 y_k \ln x_{3,k} + \varepsilon_k, \quad k = \overline{1, 28}, \quad (4)$$

где  $\lambda_1 = \ln A$ ,  $\lambda_2 = \alpha$ ,  $\lambda_3 = \beta$  и  $\lambda_4 = \gamma$ .

Вычисленные из условия минимизации  $\|\varepsilon\|^2 \rightarrow \min$  оценки коэффициентов регрессионной модели (4) приведены в четвертой строке таблицы 1. Остаточная сумма квадратов для этой модели равна  $Q_{\text{ост}2} = 0,033$ . Очевидно, что оценка коэффициента эластичности  $\alpha$  достаточно близка к оптимальной величине, хотя при ее вычислении не требовалось применения методов нелинейной регрессии, использующих сложные итерационные процедуры уточнения среднеквадратических оценок коэффициентов.

Другой серьезный недостаток модели (3), описывающей функционирование региональной энергосистемы, заключается в том, что в ней изначально предполагается постоянство факторных эластичностей

$E_{x_i}(y) = \frac{x_i}{y} \frac{\partial y}{\partial x_i}$ ,  $i = 1, 2, 3$ , – параметров  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$ , характеризующих

относительное изменение в % объема продукции региональной энергосистемы при изменении на 1% капитальных ресурсов  $x_1(t)$ , трудовых ресурсов  $x_2(t)$  или топливных ресурсов  $x_3(t)$ . Хотя вполне вероятно, что за 28 лет, с 1990 по 2017 годы, эти коэффициенты могли меняться в достаточно широком диапазоне.

Для устранения этого недостатка была построена линейная регрессионная модель второго порядка относительно трех факторов  $x_1$ ,  $x_2$  и  $x_3$ , по результатам статистического анализа которой были сделаны следующие выводы. Во-первых, несмотря на высокую адекватность ( $Q_{\text{ост}} = 0,034$ ) модели статистическим данным  $y_k$ , из-за плохой обусловленности матрицы системы нормальных уравнений при практическом применении эта модель малоэффективна, так как дисперсии оценок недопустимо большие.

Во-вторых, при проверке гипотез о значимости коэффициентов модели оказалось, что модель можно существенно упростить за счет исключения из неё некоторых регрессоров, не ухудшая при этом её адекватности статистическим данным. В результате математическая модель, описывающая функционирование энергосистемы Самарской области, приняла следующий вид:



$$\hat{y}_k = 0,360 + 0,113x_{1k} - 0,990x_{2k} + 1,731x_{2k}x_{3k}, \quad k = \overline{1,28}. \quad (5)$$

Остаточная сумма квадратов для этой модели равна  $Q_{\text{ост3}} = 0,054$ . Сравнивая остаточные дисперсии:  $s_{\text{ост}}^2 = 0,0013$  – для модели в форме производственной функции Кобба-Дугласа, и  $s_{\text{ост3}}^2 = 0,0022$  – для линейной регрессионной модели (5), получаем  $F = \frac{\max\{s_{\text{ост}}^2, s_{\text{ост3}}^2\}}{\min\{s_{\text{ост}}^2, s_{\text{ост3}}^2\}} = \frac{0,0022}{0,0013} = 1,68$ . При

уровне значимости  $\alpha = 0,95$  критическое значение  $F_{\text{кр}} = F(0,95; 24; 24) = 1,98$ . Так как  $F < F_{\text{кр}}$ , то линейная регрессионная модель (5) и модель (4) в форме производственной функции Кобба-Дугласа одинаково хорошо описывают статистические данные.

Однако модель (5) в отличие от моделей (3) и (4) позволяет для каждого из факторов: капитальных, трудовых и топливных ресурсов, построить временную зависимость соответствующей факторной эластичности  $E_{x_i} [y_k(t)]$  и вычислить её величину  $E_{x_i}(y_k)$  для каждого года за период с 1990 по 2017 годы:

$$E_{x_1}(y_k) = \frac{x_{1k}}{y_k} \frac{\partial y_k}{\partial x_1} = 0,11 \cdot \frac{x_{1k}}{y_k}, \quad E_{x_2}(y_k) = \frac{x_{2k}}{y_k} \frac{\partial y_k}{\partial x_2} = (-0,99 + 1,73x_{3k}) \cdot \frac{x_{2k}}{y_k},$$

$$E_{x_3}(y_k) = \frac{x_{3k}}{y_k} \frac{\partial y_k}{\partial x_3} = 1,73 \cdot \frac{x_{2k}x_{3k}}{y_k}, \quad k = \overline{1,28}.$$

Таким образом, применение линейной регрессионной модели (5) позволит повысить достоверность результатов анализа текущего состояния и прогнозирования сценариев развития энергопроизводств Самарской области.

### Литература

1. Иванова Д.В. Системный анализ и моделирование экологической эффективности региональной энергетики на примере Самарской области // Вест. Сам. гос. тех. ун-та: Сер. Технические науки, 2018. №4(60). С. 6-18.
2. Гаврилова А.А., Салов А.Г., Иванова Д.В. Исследование экономических характеристик регионального промышленного комплекса методами статистического и модельного анализа // М.: Научное обозрение, 2015. №15. С. 327-333.
3. Зотеев В.Е. Численный метод нелинейного оценивания на основе разностных уравнений // Вест. Сам. гос. тех. ун-та: Сер. Физ.-мат. науки, 2018. Т. 22, № 4. С. 669-701.



Е.А. Ибатуллина

## КОНТРОЛЬ ПЕРЕГРУЗОК В СЕТЯХ ПАКЕТНОЙ КОММУТАЦИИ

(Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)

Обеспечение требуемого качества обслуживания (QoS) является важнейшим показателем в сетях пакетной коммутации. Буферизация на сетевых элементах дает возможность контроля воздействия нагрузки в сети в некой степени, но не обеспечивает борьбу с ними в полной степени. Связано это с тем, что зачастую трафик поступает пачечно, вызывая тем самым резкое увеличение количества очередей на сетевых элементах. При этом начинает увеличиваться доля потерь пакетов, т.к. низкоприоритетные пакеты уничтожаются, а повторная их отправка только усугубляет положение, в связи с тем, что очередь снова начинает возрастать.

Предлагается методика борьбы с перегрузками, которая обеспечит эффективное использование пропускной способности сети путем балансировки трафика по основным и резервным маршрутам.

Методика имеет два варианта балансировки трафика в сети: распределение в равном количестве по основному и резервному маршруту (рис.1а), и распределение трафика в большей части в основной маршрут, а остальное поровну по резервным (рис.1б).

Для проверки работоспособности математической модели и методики борьбы с перегрузками было проведено физическое моделирование. Схема физической модели приведена на рис. 2.

Мониторинг передачи трафика проводился с помощью программы WireShark. На графике (рис. 3), полученном при анализе распечаток из данной программы видно, что на участке 1 пропускная способность была равна 10 Мбит/с. Затем в момент возрастания трафика и наступления перегрузки участок 2, часть трафика была перераспределена на резервный путь. На участке 3 пропускная способность возрастает вдвое до 20 Мбит/с, что говорит о том, что был включен дополнительный маршрут.

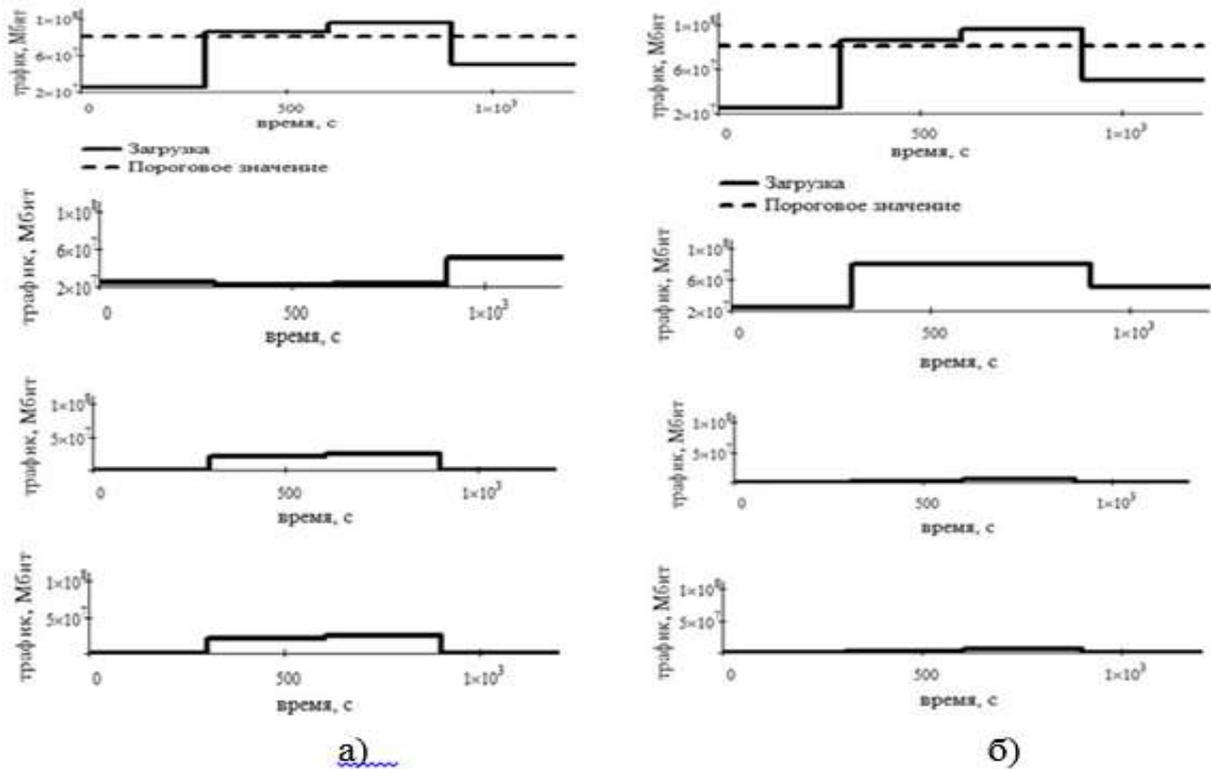


Рис. 1. Графики распределения трафика согласно методике

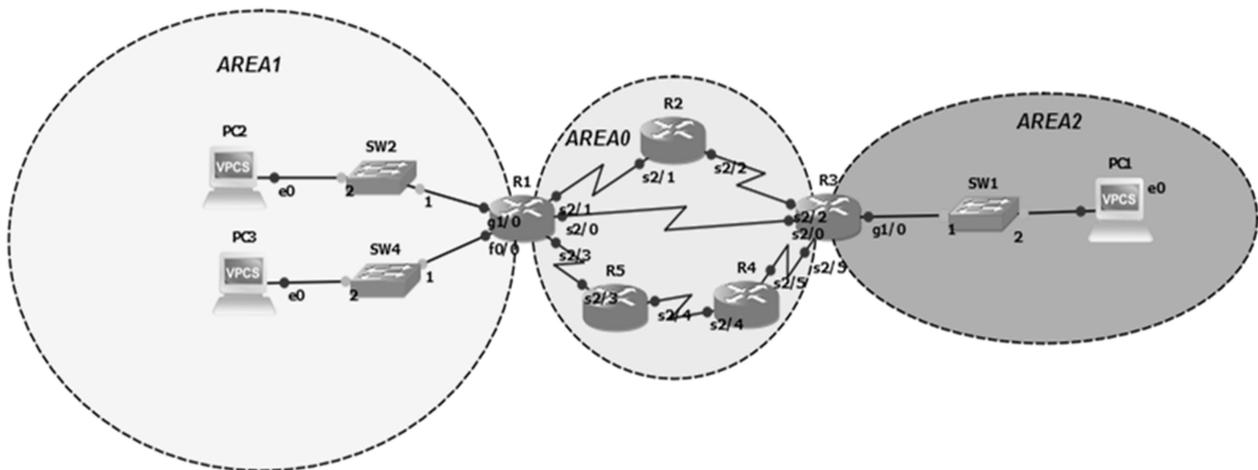


Рис. 2. Схема физической модели сети

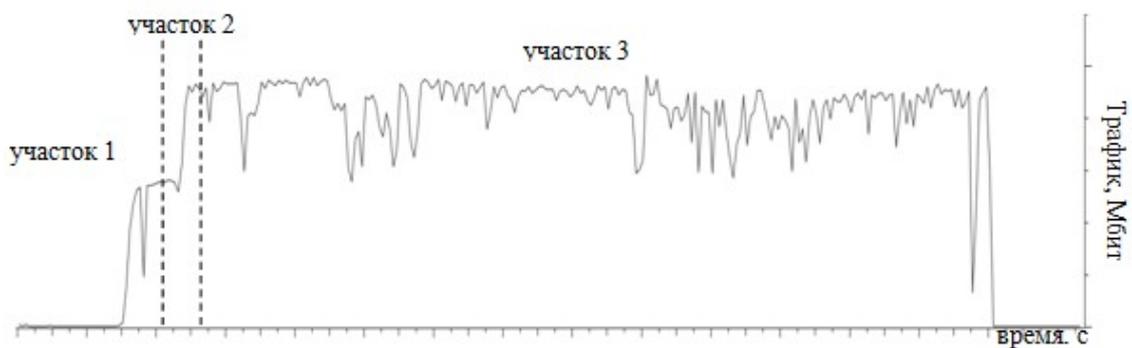


Рис. 3. Анализ пропускной способности



Методика перераспределения трафика на резервные маршруты позволяет контролировать качество обслуживания на должном уровне, так как снижает долю потерь пакетов и обеспечивает эффективное использование пропускной способности сети.

### Литература

1. Карташевский, В. Г. Основы теории массового обслуживания [Текст] : учеб. для вузов / В.Г. Карташевский. – М. : Горячая линия - Телеком, 2013. – 130 с.

А.А. Котенко, А.П. Котенко

## ПОДБОР УПРАВЛЯЮЩИХ ФАКТОРОВ ПРИ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОМ УПРАВЛЕНИИ ПОСРЕДСТВОМ СИСТЕМЫ РЕГРЕССИЙ

(Самарский государственный технический университет)

Системы регрессий дают инструмент изучения многомерных систем нелинейных стохастических зависимостей. Предложим методику подбора полиномиальных связей взаимозависимых эндогенных переменных, представляющих значения качества многокритериального управления, с экзогенными переменными, выступающими в роли управляющих воздействий.

Рассмотрим систему  $N$  взаимосвязанных полиномиальных регрессий

$$\hat{y}_s = \sum_{i=1; i \neq s}^N a_i^{(s)} \hat{y}_i + \sum_{\vec{j} \in M} \left( b_{\vec{j}}^{(s)} \prod_{i=1}^K x_i^{j_i} \right), \quad s \in \overline{1, N}; \quad N \geq 2, \quad (1)$$

$\hat{y}_s$  – регрессионные значения связанных линейно эндогенных переменных  $y_s$ ;  
 $x_i$ ,  $i \in \overline{1, K}$ ;  $K \geq 1$ , – экзогенные регрессоры, оказывающие полиномиальное воздействие на эндогенные переменные;  
 $\vec{j} := (j_1, \dots, j_K)$  – мультииндекс суммирования, пробегающий заданное множество  $M$ ,  $|M| = N - 1$ , наборов полиномиальных слагаемых:

$$M := \left\{ (j_1, \dots, j_K) \right\}_{j_1, \dots, j_K=0}^L : \sum_{i=1}^K j_i \geq 1;$$

$L$  – заданная максимальная степень регрессоров  $x_i$ .

Без ограничения общности экзогенные переменные считаем центрированными, не требуя этого от эндогенных переменных. Корреляционные связи между всеми степенями регрессоров считаем слабыми при заданном объёме  $T$  выборочных наблюдений.

Методом наименьших квадратов (МНК) найдём множественную линейную регрессию каждой эндогенной переменной в отдельности на все заданные степени экзогенных переменных [1,2]:



$$\hat{y}_s = \sum_{\vec{j} \in M} \left( \hat{c}_{\vec{j}}^{(s)} \prod_{i=1}^K x_i^{j_i} \right) + \hat{Y}_s; \quad s \in \overline{1, N}. \quad (2)$$

Отбор степеней регрессоров  $x_i^{j_i}$  производим, минимизируя коэффициенты детерминации для значимых коэффициентов  $\hat{c}_{\vec{j}}^{(s)}$  набора [3,4]

$$R_s^2 := \frac{\sum_{t=1}^T (y_s(t) - \bar{y}_s)^2}{\sum_{t=1}^T (\hat{y}_s(t) - \bar{y}_s)^2}, \quad s \in \overline{1, N}.$$

Здесь  $y_s(t)$ ,  $\hat{y}_s(t)$  - соответственно, наблюдаемое выборочное и регрессионное, значения эндогенной переменной в момент наблюдения  $t \in \overline{1, T}$ . В силу центрированности регрессоров получим асимптотические равенства  $\hat{Y}_s \cong \bar{y}_s$ .

Применяя косвенный МНК, подставим разложения (2) в обе части каждого равенства (1) и приравняем коэффициенты при одинаковых полиномиальных слагаемых. При каждом  $s \in \overline{1, N}$  получим систему  $|M|$  линейных алгебраических уравнений

$$\forall \vec{j} \in M \Rightarrow x_1^{j_1} \dots x_K^{j_K} \mapsto \sum_{i=1: i \neq s}^N \hat{c}_{\vec{j}}^{(i)} a_i^{(s)} + b_{\vec{j}}^{(s)} = \hat{c}_{\vec{j}}^{(s)}. \quad (3)$$

Каждая система (3) имеет  $N - 1$  требующий идентификации коэффициент  $a_i^{(s)}$  системы (1) в качестве неизвестных. Устраняя нелинейные зависимости уравнений (1) обнулением коэффициентов  $b_{\vec{j}}^{(s)} = 0$  и предполагая линейную независимость столбцов наблюдений эндогенных переменных, получим единственное решение  $\hat{a}_i^{(s)}$  системы (3). Тем самым будет однозначно идентифицирована линейная система, детерминированно связывающая регрессионные значения эндогенных переменных:

$$\hat{y}_s = \sum_{i=1: i \neq s}^N \hat{a}_i^{(s)} \hat{y}_i, \quad s \in \overline{1, N}. \quad (4)$$

Линейный детерминированный характер связей (4) позволяет использовать эндогенные переменные в качестве управлений, если изменять их напрямую без промежуточного нелинейного влияния исходных экзогенных переменных систем (1) или (2).

Из (4) следуют однородные системы линейных алгебраических уравнений, связывающих выборочные точечные оценки математических ожиданий и дисперсий эндогенных переменных:

$$\bar{y}_s = \sum_{i=1: i \neq s}^N \hat{a}_i^{(s)} \bar{y}_i, \quad \hat{\sigma}_{y_s}^2 = \sum_{i=1: i \neq s}^N \left( \hat{a}_i^{(s)} \right)^2 \hat{\sigma}_{y_i}^2, \quad s \in \overline{1, N}. \quad (5)$$

Анализ систем уравнений (3) позволяет найти зависимость задачи линеаризации связей эндогенных переменных от их числа  $N$  и степени  $L$  полилинейной зависимости от экзогенных факторов и их количества  $K$ .



Ключевой оказывается проверка условия  $|M| = N - 1$ . Задача сведения системы (1) к системе (4) разрешима [1,2]:

- стохастически однозначно при  $N < |M| + 1$ ;
- детерминированно однозначно при  $N = |M| + 1$ ;
- не разрешима при  $N > |M| + 1$ .

Соотношения (5) позволяют ставить обратную задачу подбора латентных экзогенных регрессоров по характеристикам наблюдаемых эндогенных переменных [3,4]. Достаточно лишь подобрать необходимое число  $|M|$  полиномиальных слагаемых и воспользоваться уравнениями (2), (3) для включения отобранных степеней в систему (1).

### Литература

1. Котенко А.П., Букаренко М.Б. Геометрия систем линейных регрессионных уравнений / А.П. Котенко, М.Б. Букаренко // Известия Самарского научного центра РАН. – 2013. – т.3, №6(3). – С.820-823.
2. Котенко А.П. Особенности применения косвенного метода наименьших квадратов к системе независимых эконометрических уравнений / А.П. Котенко // Друкеровский вестник. – 2017. – №3. – С.96-102.
3. Котенко А.П., Кузнецова О.А. Применение методов многомерного регрессионного анализа для оптимизации производства битума стандартизованных характеристик / А.П. Котенко, О.А. Кузнецова // Современные информационные технологии и ИТ-образование. Сб. научных трудов. – М.: Изд-во МГУ. – 2015. – С.381-384.
4. Котенко А.П., Котенко А.А. Использование идентифицируемых систем эконометрических уравнений / А.П. Котенко, А.А. Котенко // Математика, статистика и информационные технологии в экономике, управлении и образовании. Сб. трудов V Международной научно-практической конф. – Тверь: Изд-во Тверского гос. ун-та, 2016. – С.51-55.

Д.М. Кусаинов, А.А. Столбова

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РАСПОЗНАВАНИЯ ТЕКСТА С ТАБЛИЧНЫМИ СТРУКТУРАМИ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ

(Самарский университет)

Во многих сферах деятельности происходит стремительный рост информационных потоков, что влечет за собой необходимость создания систем электронного документооборота [1]. Кроме того, цифровизация является повсеместной тенденцией, что подтверждается развитием таких подходов как «Индустрия 4.0» и «Интернет вещей» [2]. Во многих производственных компаниях и не только распространены бумажные варианты документов, которые требуют перевода в электронный вид. В таких документах данные



могут быть представлены различными способами: текст, изображения, таблицы. При оцифровке документов важным является не только получение цифровой копии документа, но и оптическое распознавание текста с извлечением данных из него для последующей обработки. Одной из сложных задач в данной области, требующих решения, является распознавание табличных структур.

Существуют различные автоматизированные системы, позволяющие распознавать документы, представленные в виде изображения (например, скан документа). Одной из таких систем является «ABBYY FineReader», отличающаяся своим быстродействием и точностью распознавания. Система делит текст на строки, слова и символы, после чего включаются механизмы распознавания – классификаторы [3]. Недостатком данной системы является ее дороговизна. Другим примером подобных систем является отечественная разработка для оптического распознавания текста – «OCR CuneiForm». Программа поддерживает работу с таблицами, а именно, автоматически находит их в тексте и распознает, позволяет работать с изображениями в исходных документах, а также имеет встроенный редактор таблиц [4]. Данная система представляет собой свободно распространяемое программное обеспечение, однако не поддерживается операционной системой MS Windows.

В рамках данной работы предлагается разработка автоматизированной системы распознавания текста с табличными структурами на изображениях.

Разрабатываемая система поддерживает работу через систему личных кабинетов с поддержкой следующих функциональных возможностей:

- работа с исходными документами в форматах pdf, jpg: загрузка, удаление;
- распознавание документов в форматах pdf, jpg;
- редактирование текста распознанного документа;
- сохранение результатов распознавания в формате txt.

Автоматизированная система распознавания текста с табличными структурами на изображениях представляет собой веб-приложение. На рисунке 1 представлен прототип главной экранной формы системы. Разработка ведется в интегрированной среде разработки программного обеспечения IntelliJ IDEA на объектно-ориентированном языке программирования Java с использованием технологий AngularCLI и Hibernate.

Процесс распознавания документов включает в себя следующие этапы:

- импорт исходного документа в заданном формате;
- определение структуры документа: наличие таблиц, абзацев;
- распознавание документа;
- проверка и редактирование результатов распознавания;
- экспорт полученного результата.

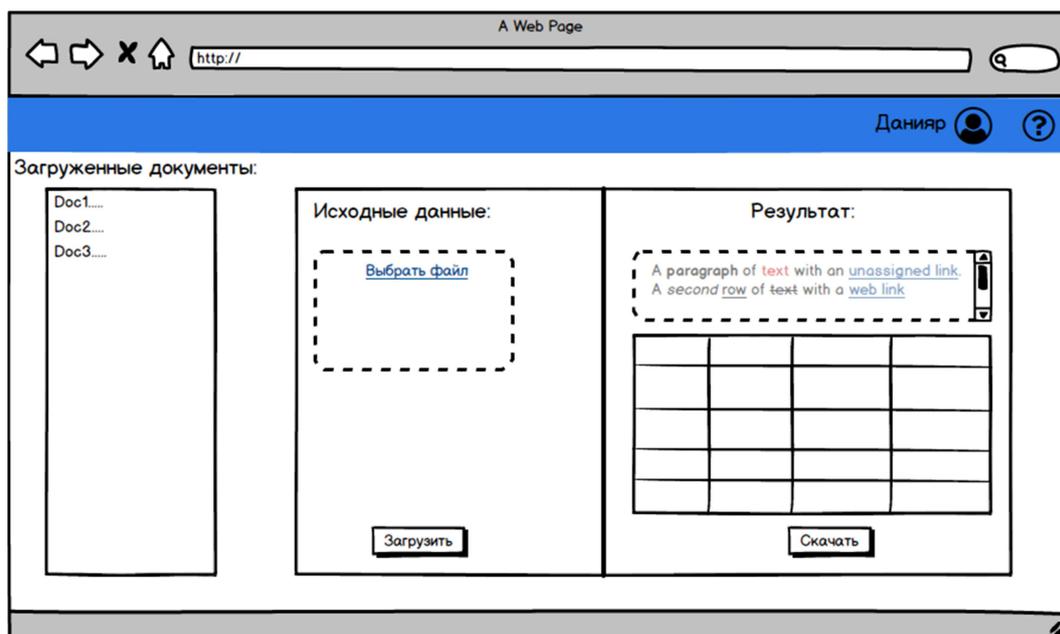


Рис. 1. Прототип экранной формы системы

Таким образом, в рамках проведенной работы предложен проект автоматизированной системы распознавания текста с табличными структурами на изображениях, рассмотрены этапы оптического распознавания документов, содержащих табличные структуры, произведен анализ аналогичных систем.

### Литература

10 Клименков С. В., Ткешелашвили Н. М., Дергачев А. М. Метод распознавания структуры таблицы в электронных табличных документах // Программные продукты и системы. – 2016. – №. 4 (116).].

11 Андиева Е. Ю., Фильчакова В. Д. Цифровая экономика будущего, индустрия 4.0 // Прикладная математика и фундаментальная информатика. – 2016. – №. 3. – С. 214-218

12 Распознавание текста с помощью решений АВУУ – всё гениально просто для бизнеса [Электронный ресурс] URL: <https://www.kp.ru/guide/raspoznvanie-teksta.html> (дата обращения: 08.04.2020).

13 Распознавание текста – OCR CuneiForm [Электронный ресурс] // URL: <http://pro-spo.ru/text/341--ocr-cuneiform> (дата обращения: 08.04.2020).

14 Программы распознавания текста [Электронный ресурс] // URL: <https://www.it-world.ru/tech/admin/139030.html> (дата обращения: 08.04.2020).



А.А. Кучеренко, А.Г. Кравец

## ИССЛЕДОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНОГО ИНВЕСТИЦИОННОГО КЛИМАТА ЮЖНЫХ РЕГИОНОВ РОССИИ НА ОСНОВЕ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА

(Волгоградский государственный технический университет)

Исследователи описывают инвестиционный климат по-разному, некоторые описывают его через прямое влияние на количество инвестиций в любую хозяйственную систему, другие через большое количество факторов, которые могли бы повлиять на него. В данной работе мы будем говорить о том, что инвестиционный климат отражает степень благоприятности ситуации, складывающейся в том или ином регионе по отношению к инвестициям, которые могут быть осуществлены в его социально-экономическую систему.

### Иерархическая модель

Для проведения исследования была создана собственная иерархическая модель для оценки регионального инвестиционного климата [1]. Она состоит из двух структур: инвестиционный потенциал [2] и имидж региона [3]. Инвестиционный потенциал включает в себя экономические показатели региона, а имидж региона показывает образ региона в глазах инвестора. Имидж изначально включал в себя большое количество показателей, однако от большей части пришлось отказаться, так как не являлось возможным найти информацию по подходящим параметрам [4]. Окончательный вариант модели представлен на рисунках ниже.



Рис. 1. Инвестиционный климат региона. Верхний уровень  
(сост. авт.)

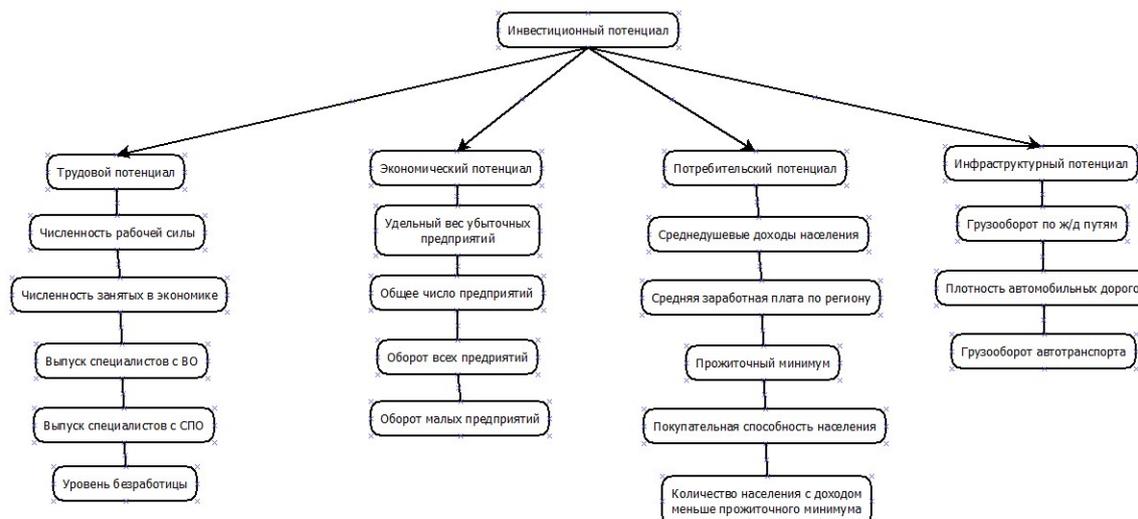


Рис. 2. Инвестиционный потенциал (сост. авт.)

### Кластерный анализ

Для оценки данных по показателям, описанным в иерархической модели, воспользуемся одним из методов многомерного статистического анализа, а именно кластерным анализом. Кластерный анализ рассматривается как метод изучения однородных сложных объектов. Кластер как образ при этом рассматривается как некоторая реально существующая общность данных объектов, обладающих необходимыми и достаточными признаками, например показателями и свойствами, нужными для слияния, объединения, кооперации или поглощения одних компаний другими.

Цель применения этого метода – определение однородности изучаемых объектов, если она не может быть установлена другими более простыми методами, анализ и идентификация наблюдаемых однородных объектов, образование их ранее неизвестных групп как носителей новых явлений, содержательная интерпретация роли и значения этих групп в преобразовании окружающей социально-экономической действительности [5].

С помощью кластерного анализа разбивают регионы по нескольким группам по схожему инвестиционному климату. Кластерный анализ проводился по показателям 2017 года.

### Результаты кластерного анализа

Кластерный анализ проводился в программном пакете Statistica. <http://statsoft.ru/> [6].

По результатам кластерного анализа образовались три группы регионов со схожим инвестиционным климатом.

В 1 группы входят Ростовская и Самарская области – области с лучшим инвестиционным потенциалом среди рассматриваемых областей. Экономика развивается в них сильнее, чем в других представленных областях. Данные регионы являются наиболее предпочтительными для потенциального инвестора.



Members of Cluster Number 2 (2017+.sta) and Distances from Respective Cluster Center Cluster contains 4 cases	
	Distance
Волгоградская область	4248,125
Саратовская область	2008,856
Воронежская область	2838,704
Белгородская область	2735,221

Members of Cluster Number 1 (2017+.sta) and Distances from Respective Cluster Center Cluster contains 2 cases	
	Distance
Ростовская область	2304,203
Самарская область	2304,203

Members of Cluster Number 3 (2017+.sta) and Distances from Respective Cluster Center Cluster contains 6 cases	
	Distance
Астраханская область	1415,921
Тамбовская область	1445,254
Пензенская область	1006,510
Ульяновская область	1273,402
Орловская область	1703,388
Рязанская область	1831,767

Рис. 3. Распределение регионов по 2017 году (сост. авт.)

Во 2 группу входят Волгоградская, Саратовская, Воронежская Белгородская области и являются регионами с промежуточным значением инвестиционного климата. Они должны стремиться к улучшению своих экономических показателей для перехода в 1 кластер. Из данной группы выделяется Волгоградская область, которая наиболее приближена к регионам из 1 группы.

В 3 группу входят Астраханская, Тамбовская, Пензенская, Ульяновская, Орловская и Рязанская области, которые отстают от областей в 1 и 2 кластере. Они обладают худшим инвестиционным потенциалом, причем каждая из перечисленных областей находится примерно на одной ступени экономического развития. Этим регионам нужно срочно улучшать свою экономическую обстановку.

### Литература

1. Кравец А. Г., Кучеренко А. А. Формирование иерархической модели для оценки регионального инвестиционного климата // Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине. — 2019. — Стр. 254-257.
2. Методика составления рейтинга инвестиционной привлекательности регионов России компании «РАЭК-Аналитика» /Эксперт РА. — 2016. — 7с.



3. Лукьяненко Т. Имидж региона как фактор инвестиционной привлекательности // Рынок ценных бумаг. № 11 (146). 1999. С. 48-50
4. Кравец А. Г., Кучеренко А. А. Исследование регионального инвестиционного климата на основе факторного анализа // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. — 2019. — №2. — Стр. 60-71.
5. Statsoft, программный пакет Statistica [Электронный ресурс] /. — Электрон. журн. — Режим доступа: <http://statsoft.ru/>, свободный
6. Симчера, В.М. Методы многомерного анализа статистических данных /В.М. Симчера. — Москва: Финансы и статистика, 2008. — 400с.

М.Э. Мамышев

## ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СУПЕРСКАЛЯРНОГО ПРОЦЕССОРА

(Самарский государственный технический университет)

Описывается подход к построению имитационной модели типового суперскалярного процессора и сама модель. В ней воспроизводятся основные блоки процессора и отображается процесс выполнения программы, состоящей из заданной пользователем смеси команд. Результатом моделирования является общее время выполнения программы и среднее количество тактов на команду.

*Ключевые слова:* имитация, суперскалярный процессор, конфликты.

Суперскалярным называется центральный процессор (ЦП), который одновременно выполняет более чем одну скалярную команду. Это достигается за счет включения в состав ЦП нескольких самостоятельных функциональных блоков, каждый из которых отвечает за свой класс операций и может присутствовать в процессоре в нескольких экземплярах. Все современные процессоры линейки Intel Core являются суперскалярными. Можно считать типовой микроархитектуру Intel Core i7 Sandy Bridge, который состоит из четырех основных блоков: подсистемы памяти и устройств предварительной обработки, контроля исполнения с изменением последовательности, а также собственно исполнения.

Блок исполнения включает в себя планировщик ёмкостью 54 записи и шесть функциональных устройств:

- 1) АЛУ 1 и блок умножения с плавающей точкой.
- 2) АЛУ 2 и блок сложения/вычитания с плавающей точкой.
- 3) АЛУ 3 и блок обработки переходов и сравнений с плавающей точкой.
- 4) Устройство сохранения.
- 5) Устройство загрузки 1.
- 6) Устройство загрузки 2.

Наиболее перспективным для исследования суперскалярных процессоров представляется метод имитационного моделирования. При разработке имитационной модели решался целый ряд проблем:

- 1) определение цели исследования;



- 2) выбор элементов объекта, которые должны отображаться в модели;
- 3) определение уровня детализации структуры и функций объекта;
- 4) оценка адекватности модели.

Важнейшими характеристиками вычислительных систем и их устройств являются временные, поэтому при разработке модели первоочередной является оценка именно таких характеристик типового суперскалярного процессора. Указанная цель определила особенности решения остальных проблем.

Так при решении второй проблемы было признано целесообразным воспроизводить в модели те элементы процессора, которые оказывают существенное влияние на временные характеристики. В частности, в ней отображены четыре основных блока общей микроархитектуры Intel Core i7. Что касается схемы тракта данных, то из нее в модели представлены следующие элементы:

- 1) кэш команд первого уровня;
- 2) блок выборки (2 очереди по 20 команд);
- 3) блок дешифрации (3 простых дешифратора и 1 сложный);
- 4) очередь декодированных команд (2 очереди по 28 микроопераций);
- 5) кэш микроопераций;
- 6) буфер переупорядочивания (Reorder Buffer);
- 7) планировщик (Scheduler);
- 8) функциональные блоки (3 АЛУ, 2 устройства чтения из памяти и 1 устройство записи);
- 9) буфер восстановления последовательности.

Общеизвестно, что на работу вычислительных систем и устройств существенное влияние оказывают случайные факторы:

- а) времена запуска программ в общем случае – случайные величины;
- б) исходные данные этих программ являются случайной выборкой из всего множества возможных значений.

Поэтому признано целесообразным параметры программ, исполняемых процессором, представлять, как случайные величины.

Что касается уровня детализации параметров модели, то структура микропроцессора представлена с точностью до перечисленных выше элементов, а исполняемая им программа – с точностью до отдельных команд. Смесь этих команд формируется случайным образом, сохраняя процентное соотношение команд разных типов. Типы команд определяются особенностями структуры модели и включают в себя:

- 1) одноктаковые команды;
- 2) 2-4 – тактовые команды;
- 3) 5-9 – тактовые команды;
- 4) 10-20 – тактовые команды;
- 5) операции чтения из памяти;
- 6) операции записи в память;
- 7) команды переходов.



Оценка адекватности модели выполнена путем сравнения результатов моделирования с характеристиками реального процессора, измеренными с помощью соответствующего программного монитора. Результаты показали приемлемую погрешность моделирования.

Имитационная модель разработана на языке C# с пользовательским интерфейсом на основе Windows Forms (.NET Framework). Главное окно программы представлено на рисунке 1. Имеется возможность задавать общее число команд моделируемой программы и процентное соотношение команд разных типов. Для этого используется окно настроек, внешний вид которого представлен на рисунке 2.

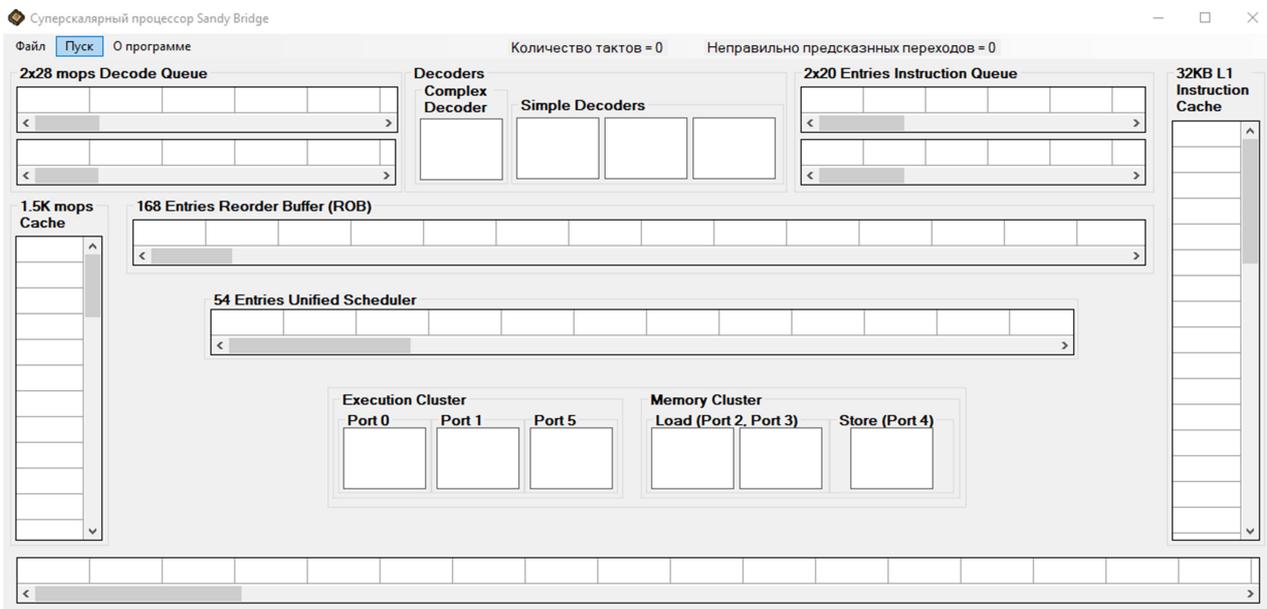


Рис 1. Главное окно программы имитационного моделирования типового суперскалярного процессора

Моделирование может выполняться в одном из двух режимов: непрерывно или по тактам. Последний иллюстрирует рисунок 3. Сначала генерируется последовательность команд (3-a), затем 6 команд поступает в очередь инструкций (3-b). Далее эти команды загружаются в декодер (3-c). После декодирования микрокоманды попадают в очередь декодированных команд (3-d) и в кэш микроопераций (3-e). При следующем декодировании таких команд микрооперации будут загружаться из этого кэша, минуя декодер.

В следующем такте микрокоманды загружаются в буфер переупорядочивания (3-f). Здесь происходит разбиение команд на независимые (от данных) и зависимые. Первые подаются в планировщик (3-g), а зависимые ожидают выполнения предшествующей им микрооперации, результат которой является их операндом.

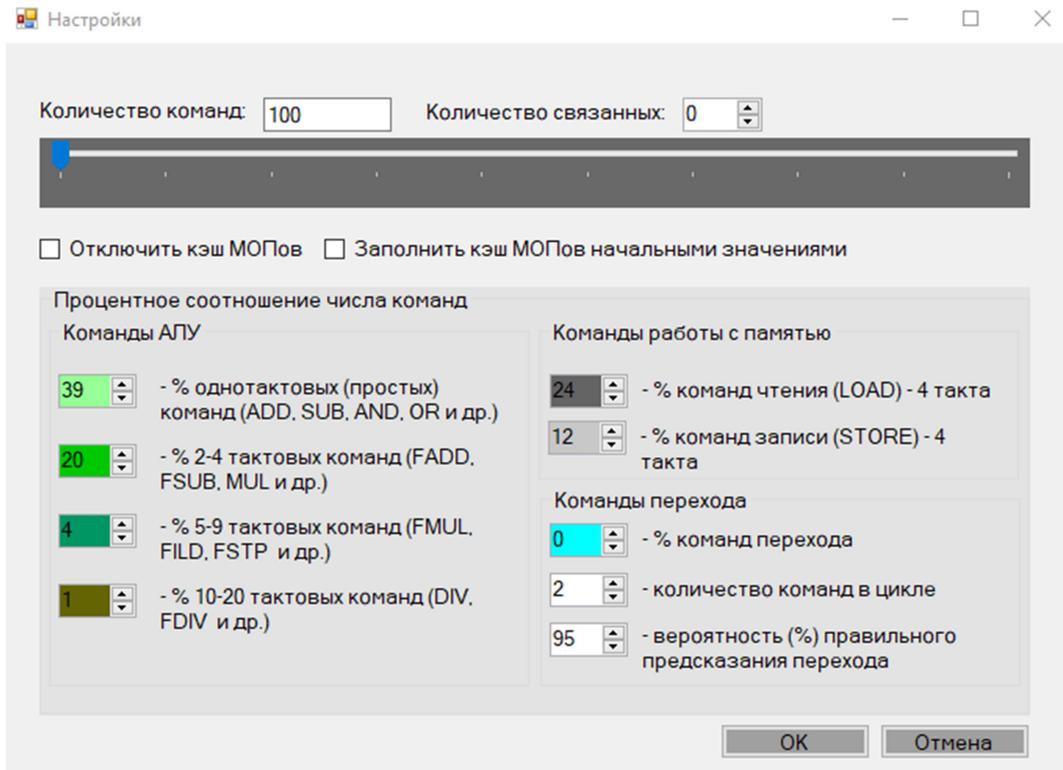


Рис 2. Окно настроек модели

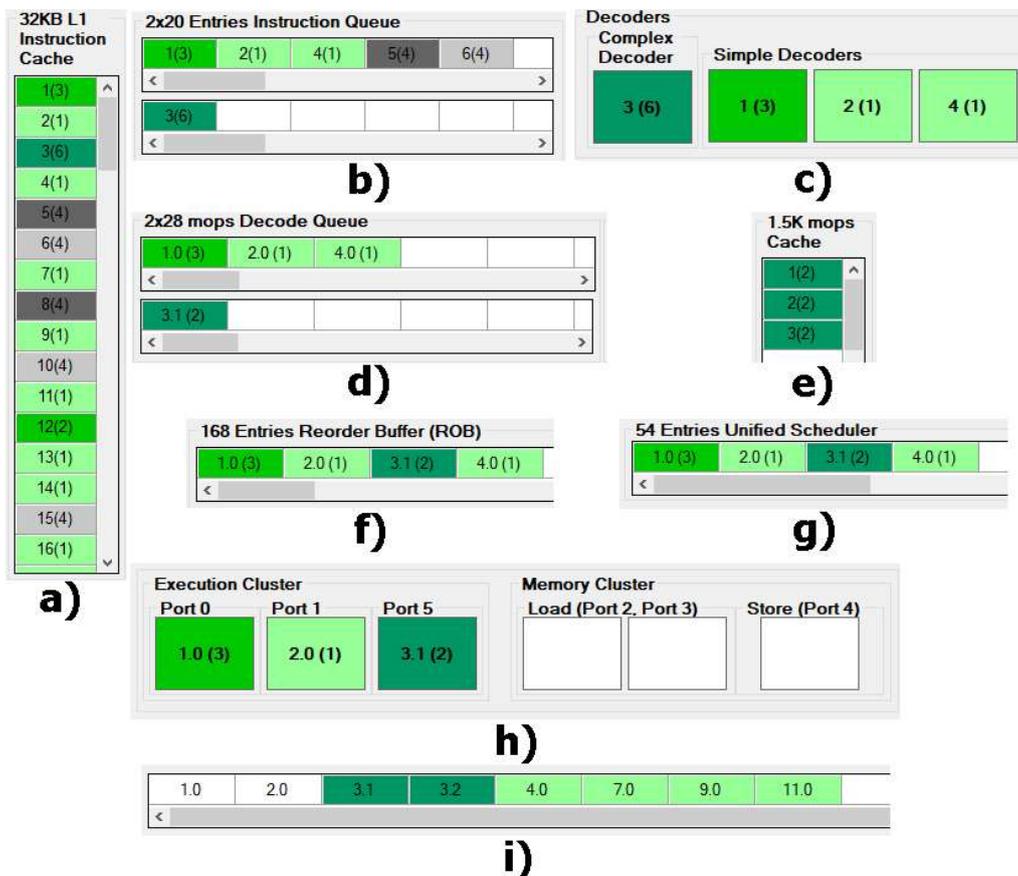


Рис 3. Работа программы моделирования в режиме по тактам



Выполнение команд происходит в исполнительном блоке (3-h). После него микрооперации попадают в буфер восстановления последовательности (3-i) и ожидают выполнения остальных команд. Команда удаляется из буфера, если все предшествующие ей уже выполнены. При этом считается, что она завершена.

Результатом моделирования является общее время выполнения программы и среднее количество тактов на команду.

### Литература

1. Таненбаум, Э. Архитектура компьютера: пер. с англ. / Э. Таненбаум.- Изд. 5-е.- СПб., 2010. - 848 с.
2. Организация вычислительных машин и систем/ С.П.Орлов, Н.В. Ефимушкина. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2016. – 304 с.
3. Orlov S.P. and Efimushkina N.V., “Simulation models for parallel computing structures”, 2016 XIX IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM), IEEE Conference Publications. V.1. P. 231-234. Publisher: IEEE Xplore, 2016.

И.Х.Н. Нааман, С.А. Потемкин, Н.И. Мельникова

## СКОРОСТНОЙ АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ВЫСОКИМ РАЗРЕШЕНИЕМ

(Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А.)

Увеличение разрешения изображений является фундаментальной задачей обработки видеoinформации. Разработчики предъявляют крайне высокие требования к аппаратному обеспечению, но во многих случаях можно воспользоваться альтернативным методом. Значительно экономнее получить несколько изображений невысокого разрешения, и затем восстановить (реконструировать) из них изображение высокого разрешения [1-4].

Под восстановлением будем понимать построение из нескольких изображений низкого разрешения (ИНР) одного изображения с бóльшим разрешением (с меньшими пикселями). Если разрешения ИНР и изображения высокого Разрешения (ИВР) совпадают, то речь идет о повышении четкости изображения, уменьшении размытия (deblurring). Два изображения тогда будут одинакового разрешения, когда одно изображение может быть получено интерполированием другого или в том случае, когда характерные элементы в обоих изображениях идентичны. В таком понимании «разрешение» изображение не может быть просто соотнесено с размерами пикселей или максимальной частотой в изображении (например, добавление высокочастотного шума не повышает разрешения картинки).

Алгоритмы восстановления основаны на нахождении соответствия между



несколькими изображениями низкого разрешения (ИНР) и изображением высокого разрешения (ИВР). Основное уравнение циклического формирования изображения [5]

$$L(y) = \int B(x, y)H(x)dx + E(y), \quad (1)$$

где  $L(y)$  – непрерывная функция цветности изображения низкого разрешения,  $B(x, y)$  – ядро размытия (blur) ( $B(x, y)$  интегрируется по времени),  $H(x)$  – непрерывная функция цветности изображения высокого разрешения,  $E(y)$  – шум.

Как правило, предполагается, что ядро размытия инвариантно к оператору сдвига. Это верно для малых перемещений камеры. В таком случае оно представляет собой функцию размытия точки (ФРТ). ФРТ может быть разложена на два множителя:

$$B = \Phi PT_c \times \Phi PT_l,$$

где  $\Phi PT_c$  – ФРТ чувствительного элемента камеры (сенсора);  $\Phi PT_l$  – ФРТ линзы. Тогда:

$$L(x) = \Phi PT_c \times U(x), \quad (2)$$

где  $U(x) = \Phi PT_l \times H(x)$ .  $\Phi PT_c$  для ССD-матриц матричная функция.  $\Phi PT_l$  при наличии размытия интегрируема.

Дискретная форма уравнения (1) – это линейная система, где частота дискретизации  $L(y)$  ниже, чем у  $H(x)$ .

$$L = PH + E, \quad (3)$$

где  $L$  – вектор-столбец цветности пикселей низкого разрешения,  $H$  – векторизованная цветность изображения высокого разрешения,  $P$  – весовая матрица,  $E$  – шум. Для изображений в оттенках серого, цветность заменяется уровнем серого, т.е. яркостью.

Непосредственно до решения системы (3) проводится операция по устранению шума. Для этого вводится понятия «эквивалентного шума». Для найденного решения  $H_0$  эквивалентный шум определяется следующим образом [6]:

$$E_0 = L - PH_0$$

Эффективность метода восстановления зависит от нескольких факторов: уровень шума, который присутствует в изображениях низкого разрешения, точность приближения ядра размытия, качество камеры и ее геометрические искажения. Решение уравнения (3) базируется на минимизации функционала:

$$\Phi(H) = (L - PH)^T (L - PH) + \lambda H^T \Lambda^{-1} H,$$

где  $\Lambda^{-1}$  – оператор Лапласа, который накладывает условие неразрывности:

$$\Lambda^{-1} = \sum_{m=1}^{N_h^2} d_m d_m^T, \text{ и } d_m - \text{вектор коэффициентов, относящийся к вычислению}$$

Лапласиана для  $m$ -го пикселя высокого разрешения (для пикселей на границе вводится незначительная поправка):



$$d_m(n) = \begin{cases} 1, & \text{если } n = m \\ -0,25 & \text{пиксел } n \text{ один из 4 - х соседей } m \\ 0, & \text{в остальных случаях} \end{cases}$$

Решение  $H_m$  удовлетворяет условию:  $(\lambda \Lambda^{-1} + P^T P)H_m = P^T L$ .

При решении задачи принимаются несколько допущений [7]:

1. Повышение разрешения производится локально, на сравнительно небольших участках. Если необходимо обработать большую площадь, она разбивается на маленькие участки, каждая из которых обрабатывается отдельно. Это не только значительно повышает скорость вычислений, и снижает количество требуемой памяти, но и упрощает задачу, поскольку на малых участках ФРТ и геометрические искажения имеют одинаковую природу.

2. Число изображений низкого разрешения бесконечно, но среди них нет повторяющихся. Как следствие, шум не может быть исключен простым усреднением. Проблема выбора оптимального числа изображений низкого разрешения будет рассмотрена ниже.

3. Перемещения камеры малы.

4. Функция размытия точки – матричная функция:

$$\Phi_{PT}(x) = \begin{cases} S^{-2}, & |x| \leq S/2, |y| \leq S/2; \\ 0, & \text{в остальных случаях} \end{cases}$$

где  $x = (x, y)$  и  $S$  – размер пикселя низкого разрешения. Такая функция ФРТ показывает вес пикселя высокого разрешения в зависимости от его положения внутри пикселя низкого разрешения. Для большинства задач вычисление  $U(x) = \Phi_{PT} \times H(x)$  является проблемным, поскольку приближение  $\Phi_{PT}$  это не простая задача. Можно вычислить  $U(x)$ , после чего обратным преобразованием получить  $H(x)$ . Но, как правило,  $\Phi_{PT}$  при большом разрешении есть просто интерполяция от изображения малого разрешения. Соответственно решение  $H(x)$  будет близко к интерполированному значению. В связи с этим  $\Phi_{PT}$  может быть исключена из рассмотрения.

Интуитивно понятно, что увеличение числа изображений высокого разрешения повышает качество выходного изображения. Однако достаточно быстро количество исходных изображений перестает сколько-нибудь влиять на конечный результат. Следовательно, нет необходимости делать слишком большое количество снимков.

Рассмотрим пять пикселей с уровнями серого цвета  $L_i (i = \overline{1,5})$   $L_i = P_i^T H + E_i$ , где  $P_i^T$  соответствующие векторы-строки из  $P$ ,  $E_i$  – соответствующие строки  $E$ . Поскольку эти области влияют на один и тот же пиксель (Рис.1,а), то векторы  $P_i (i = \overline{1,5})$  являются линейно зависимыми.

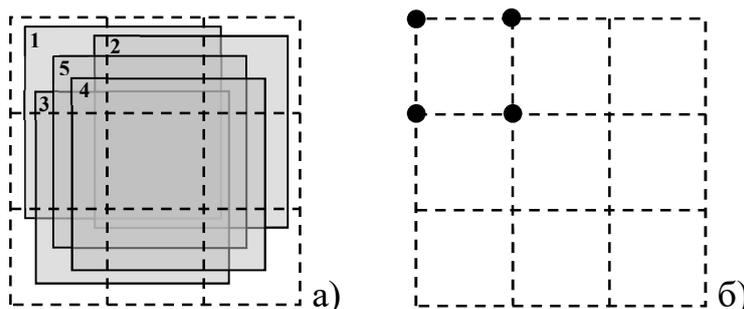


Рис.1. Линейная зависимость пикселей а) пример линейной зависимости, б) простейшее множество при  $M=2$

Это означает, что пять пикселей низкого разрешения также являются линейно зависимыми. Предположим, что пятый пиксель, является линейной комбинацией остальных четырех:  $P_5 = \sum_{i=1}^4 a_i P_i$ , тогда линейная комбинация

$L_5 = \sum_{i=1}^4 b_i L_i$ , как правило, более точная, чем  $L_5$  для исходного пикселя, поскольку

операция линейного комбинирования обладает свойством низкочастотного фильтра, и случайный шум подавляется в результате данной процедуры. С другой стороны, известно, что стандартная девиация среднего из  $N$  независимых нормально распределенных переменных уменьшается в  $1/\sqrt{N}$  раз. Однако, данный коэффициент не меняет своего значения при  $N > 4$ . Таким образом, улучшение, вносимое пятым пикселем, незаметно. С этой точки зрения, если получено множество пикселей  $V$  низкого разрешения такое, что каждый пиксель является линейной комбинацией остальных пикселей из  $V$ , то дополнительного улучшения качества за счет дополнительных пикселей получить практически невозможно. Выигрыш возможен только за счет фильтрации шума методом усреднения.

Легко видеть, что если коэффициент  $M$  увеличения разрешения не является целым числом, то пиксели с относительным смещением  $(0,0)$ ,  $(0,1-\varepsilon)$ ,  $(1-\varepsilon,0)$  и  $(1-\varepsilon,1-\varepsilon)$  составляют независимое множество (Рис.1б). Таким образом достаточное число пикселей низкого разрешения составляет:  $[2 * \text{ceil}(N_h - M)]^2$ . Функция *ceil* – обозначает округление до ближайшего целого в большую сторону. В реальности, мы не можем делать снимки пиксель за пикселем. Вместо этого, множество пикселей низкого разрешения получается одновременно, и относительное смещение этих пикселей, как правило, отличается. Таким образом для произвольного  $M$  невозможно получать массивы пикселей низкого разрешения максимально экономично исходя из теоретических предпосылок, однако выбором  $M$  можно оптимизировать задачу. Это происходит, когда дробная часть коэффициента  $M$  равна 0,5. Для получения оптимального множества камера должна быть перемещена  $(2M)^2$  раз, с шагом, равным половине размера пикселя высокого разрешения. Таким образом, достаточное число изображений низкого



разрешения  $4M^2$ . Для целого  $M$  пиксель низкого разрешения со смещением  $(0,0)$  образует эффективное множество. В таком случае необходимо сдвигать камеру  $M^2$  раз, с шагом равным размеру пикселя высокого разрешения. Достаточное число изображений низкого разрешения, таким образом, равняется  $M^2$ .

### **Пример реализации метода повышения разрешения**

На основе теоретических положений, изложенных в статье, была создана программа, которая использует рассмотренный метод повышения качества изображения.

Программа представляет собой систему контроля подвижного состава и может быть использована для упрощения и автоматизации следующих задач, возникающих на железнодорожных контрольных пунктах.

1. Позиционирование вагона на платформе весов
2. Проверка целостности дверей, замков и люков вагонов подвижного состава
3. Считывание и распознавание номерных знаков вагонов быстродвижущегося подвижного состава

Система строится по следующему принципу: вдоль железнодорожных путей установлена штанга, на которой подвижными креплениями крепятся в ряд 4 видеокамеры (Рис.2.). Пятая видеокамера закреплена над путями так, чтобы снимать вагон сверху. Каждая из четырех боковых камер захватывает только часть вагона, поскольку камеры уставлены достаточно близко к вагону.

Сигнал с видеокамер подается на видеомультимплексор, рассчитанный на восемь камер. Из всех входов мультимплексора используются пять по числу камер. Очевидно, что изображения с камер расплываются, соответственно, в областях 1-5, экрана. Однако, при использовании альтернативных входов мультимплексора возможно и другое расположение изображений с камер.

Сигнал, полученный на выходе мультимплексора, подается на вход платы видео захвата, установленной на персональном компьютере. Изображение, и в реальном времени разбивается на области, из которых затем выделяется отдельно изображение камеры установленной над вагоном, а также выстраивается панорамное изображение вагона. Аппаратная схема системы показана на рис. 3.

Мультимплексор формирует изображение, располагая камеры в виде девяти прямоугольников, как показано на рис 4. Поскольку в системе необходимо применять распознавание, а качество камер в совокупности с мультимплексором не отвечает поставленным требованиям, то один из путей решения данной задачи – повышение разрешения изображения.

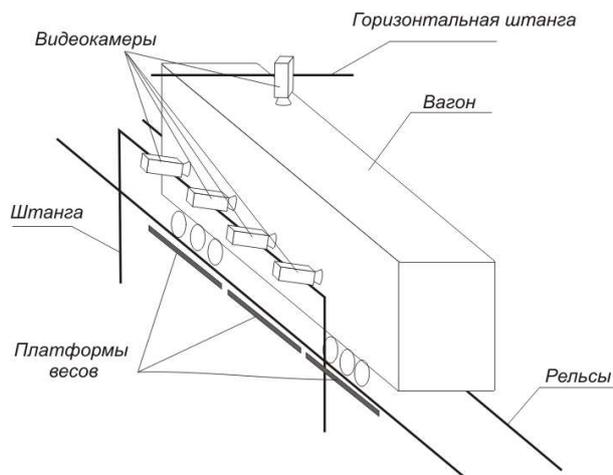


Рис.2. Общий вид аппаратной части системы

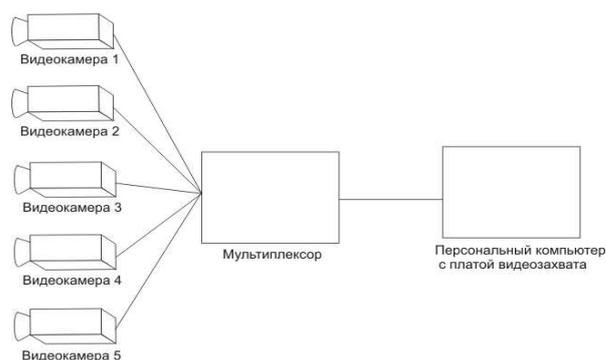


Рис.3. Аппаратная схема системы

Программа написана с использованием технологии Microsoft® DirectShow®. Алгоритмы обработки видеопотока в реальном времени реализованы в виде фильтров DirectShow®. При этом повышение разрешения реализовано в два этапа. Сначала производится операция шумоподавления путем усреднения пяти последовательных кадров с формулой  $2h+2v$ , затем на накопленном массиве последовательных кадров реализуется операция повышения разрешения. Для упрощения вычислений, и ускорения процесса выбран коэффициент повышения  $M=2$ . Результат работы программы представлен на Рис.5.

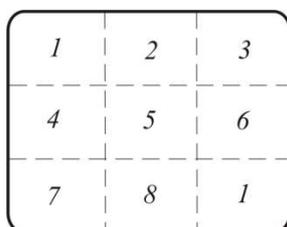


Рис.4. Формирование изображение мультиплексором

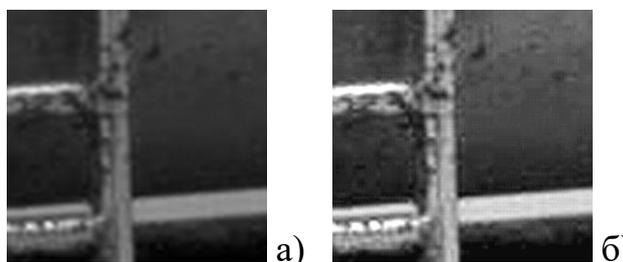


Рис 5. Результат работы программы.  
а) изображение интерполированное до размеров большого б) восстановленное изображение

### Литература

1. Mann S., Picard R.W. Virtual Bellows: Constructing High Quality Still form Video // Proc. IEEE Conf. Image Processing. – Austin, USA: IEEE, 1994. – P. 363-367.
2. Абакумов А.В., Ермаков Р.В., Лившиц Д.Ю., Львов А.А., Скрипаль Е.Н. Алгоритмы выделения граней в динамических системах искусственного зрения подвижных объектов // Изв. Тульского гос. ун-та. Технические науки, 2018. – Вып. 5. – С. 161-174.



3. Абакумов А.В., Ермаков Р.В., Кузьменко И.К., Львов А.А., Скрипаль Е.Н. Применение функций с ограниченным изменением к анализу сигналов и изображений в системах искусственного зрения // Изв. Тульского гос. ун-та. Технические науки, 2018. – Вып. 5. – С. 175-191.

4. Львов А.А., Буров П.А., Безрядин С.Н., Ильиных Д.Ю. Модели изменения яркости в современном программном обеспечении // Вестник Саратовского гос. техн. ун-та, 2007. – № 4(28). – С.106-110.

5. Irani M., Peleg S. Improving Resolution by Image Restoration // Computer Vision and Image Processing, 1991. – Vol. 1. – P. 231-239.

6. Kim J., Lee J.K., Lee K.M. Deeply-Recursive Convolutional Network for Image Super-Resolution // Proc. 2016 IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition. – Las Vegas, USA: IEEE, 2016. – P. 1637-1645

7. Tիրer T., Giryes R. Image restoration by iterative denoising and backward projections // IEEE Trans. on Image Processing, 2019. – Vol. 28. – No. 3. – P. 1220–1234.

А.Ю. Привалов, А.А. Царёв

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГИБРИДНОЙ МОДЕЛИ ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ МОБИЛЬНОСТИ ДЛЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

(Самарский университет)

Рассматривается улучшение гибридной модели человеческой мобильности, предложенной в [1], предназначенной для использования в имитационном моделировании передвижений людей с целью оценки характеристик их взаимодействия. Например, для определения характеристик протоколов DTN передачи сообщений между носимыми людьми мобильными устройствами. Передвижения рассматриваются на ограниченной площади масштаба части города (университетского кампуса, предприятия, или, например, парка развлечений) и предполагаются в основном пешими перемещениями, или с небольшим использованием наземного транспорта.

Предложенная в [1] модель, во-первых, отражает целый ряд особенностей человеческой мобильности, важных для адекватного моделирования человеческого взаимодействия, таких как:

- кластеризация путевых точек (то есть, точек, в которых происходят остановки движения на заметное время);
- распределение расстояний между соседними путевыми точками и распределение времени остановок в путевых точках, близкие к распределениям Леви;
- приближительная повторяемость ежедневных маршрутов движения отдельного человека.

Во-вторых, в отличие от других моделей, также отражающих некоторые из этих свойств (см., например, [2-4]), предлагаемая модель не требует наличия



большого количества данных о моделируемой ситуации (например, количества путевых точек каждого человека, находящихся в пределах т.н. локации, т.е. включающей кластер точек прямоугольной области). Для предлагаемой модели достаточно задать границы локаций, что довольно просто сделать, имея небольшую априорную информацию, так как локации соответствуют местам скопления людей в процессе повседневной деятельности (учебные корпуса в университете, цеха на заводе, аттракционы в парке и т.д.).

Кроме того, предлагаемая модель использует количественную меру постоянства ежедневных маршрутов, что ранее при моделировании такого рода не встречалось.

Однако, вследствие довольно большой сложности имитационной модели, потребовавшей для реализации разработки специализированного программного комплекса, в [1] были использованы некоторые упрощения, влияние которых на результат моделирования рассматривается в данном докладе. Речь идёт о том, что для простоты (а также для корректного сравнения результатов из [1] и [2], где данное упрощение также использовалось), локации рассматривались как прямоугольники со сторонами, параллельными осям координат. Для улучшения адекватности, расположение локаций на карте местности, для которой производилось моделирование, определялось из реальных трасс движения объектов (людей) на данной местности.

В данной работе прямоугольная форма локации будет сохраняться, как и их расположение в местах реальных кластеров на карте моделируемой местности, однако ориентация прямоугольника локации на плоскости будет подбираться так, чтобы площадь локации, включающей кластер реальных путевых точек, была бы минимальной.

Перед началом работы модели должны быть заданы своими границами набор доступных на карте локаций, домашняя локация и маршрут первого дня для каждого моделируемого объекта (человека), параметры распределений Леви для перемещений между путевыми точками и времени остановки в путевой точке и параметры, касающиеся выбора локации на маршруте и модификации маршрутов при переходе к следующему дню.

Кратко алгоритм работы рассматриваемой модели можно описать так (подробное описание приведено в [1]): в начале каждого модельного дня движение каждого моделируемого объекта начинается внутри домашней локации, и в конце модельного дня заканчивается в той же домашней локации. Дневной маршрут первого дня, включающий ряд посещаемых объектом локаций, для каждого из последующих модельных дней модифицируется путём удаления из него случайным образом доли локаций, равной коэффициенту персистентности маршрута (термин, введённый в работе [1]), и включением в него такого же количества доступных на данной карте локаций.

Внутри локации объект совершает прямолинейные переходы из одной путевой точки в другую, расстояние между которыми является случайной величиной, имеющей распределение Леви с заданными параметрами, а направление движения выбирается таким образом, чтобы как можно дольше



удержать объект внутри локации. В каждой путевой точке объект останавливается на случайное время, имеющее распределение Леви.

Если длина перехода выпадает такой большой, что удержать объект в пределах локации невозможно, в каком направлении его бы ни направили, то первый раз этот длинный переход игнорируется, и из распределения Леви для длин переходов берётся следующее число – длина перехода. При невозможности удержаться в локации второй раз, происходит переход в другую локацию (эвристика с пропуском первого выхода из локации предложена в [1] на основании сравнения имитационных экспериментов с реальными трассами – она увеличивает близость сгенерированных трасс с реальными).

Следующая локация выбирается из списка ещё непосещённых локаций маршрута текущего дня (с учётом кратности посещения – некоторые локации могут посещаться несколько раз, но не подряд), при этом вероятность выбора обратно пропорциональна расстоянию новой локации от текущей локации, взятому в некоторой положительной степени (это заданный параметр, он управляет процессом выбора локаций).

Обойдя в случайном порядке все локации дневного маршрута (с учётом их кратности), объект возвращается в домашнюю локацию, где ожидает начала следующего модельного дня.

Адекватность модели реальным перемещениям в данной работе оценивается по близости к реальной ситуации распределения вероятностей для *среднего времени между контактом* (ИТС – inter-contact time) случайной пары объектов. Эта характеристика считается ключевой при оценке производительности протоколов сетей DTN. Она определяется, как усреднение по всем возможным парам моделируемых объектов вероятности для времени, прошедшем между моментами, когда два объекта разойдутся на расстояние, большее, чем радиус действия носимых ими устройств связи (и потеряют контакт друг с другом), и до момента, когда они снова сойдутся на расстояние контакта. Радиус действия в данной работе (как и в [1]) берётся равным 100 м.

Результаты оценки ИТС, произведённой с помощью имитационного моделирования для границ локаций, параллельных осям координат (как в [1]), и для локаций, которые могут быть повёрнуты с целью минимизации площади, вместе с оценкой ИТС по данным реальных перемещений на той же местности, приведены ниже.

Результаты имитационных экспериментов представлены для двух территорий, для которых имеются данные о реальных перемещениях большого числа объектов из коллекции [4].

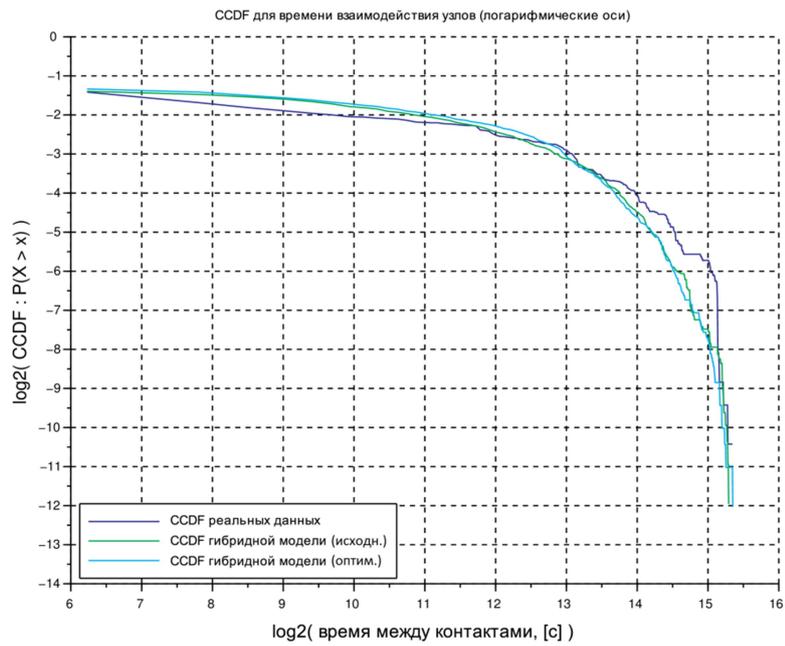


Рис.1. ИТС для территории университета NCSU (*North Carolina State University*)

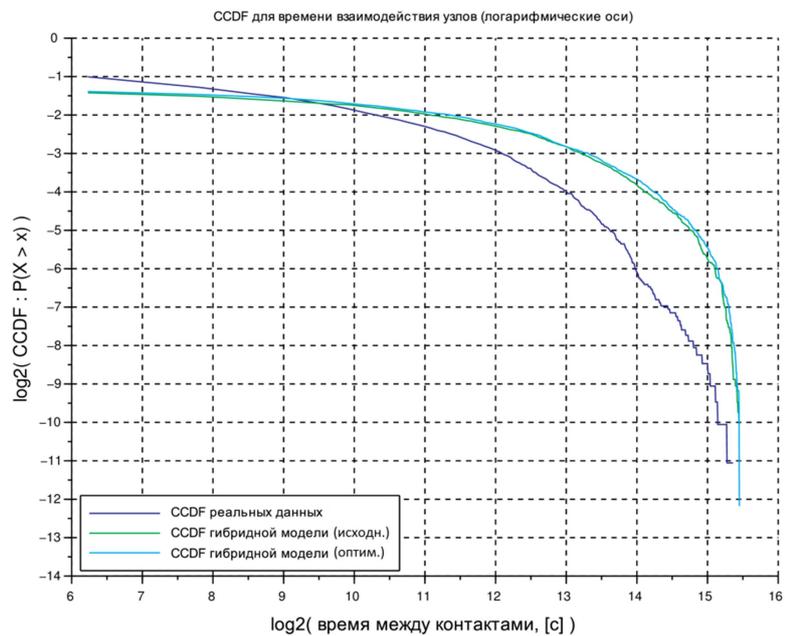


Рис.2. ИТС для территории развлекательного парка Disney World в штате Орландо



Как видно из результатов имитационных экспериментов, рассмотренная оптимизация ориентации локаций не даёт улучшения результатов моделирования по отношению к реальным данным. Поэтому гибридная модель, являющаяся одной из самых адекватных моделей пешей мобильности на ограниченной площади, может использоваться в предложенном в [1] виде, а для существенного улучшения её требуются другие подходы.

### Литература

1. Царёв А.А. Анализ модели мобильности источников информации на основе априорных данных о повторяемости маршрутов [Текст]: дис... канд. техн. наук: 05.13.17: представлена в дис. совет Д 212.215.07 Самарского университета ([https://ssau.ru/resources/dis\\_protection/tsarev](https://ssau.ru/resources/dis_protection/tsarev))
2. Lee, K. SLAW: Self-Similar Least-Action Human Walk / K. Lee, S. Hong, S. J. Kim, I. Rhee, S. Chong // IEEE/ACM Transactions On Networking. – 2012. – Vol. 20, No. 2. – P. 515–529.
3. Rhee, I. On the Levy-Walk Nature of Human Mobility / I. Rhee, M. Shin, S. Hong, K. Lee, S. J. Kim, S. Chong // IEEE/ACM Transactions On Networking. – 2011. – Vol. 19, No. 3. – P. 630–643.
4. Kotz, D. CRAWDAD: A community resource for archiving wireless data at Dartmouth / D. Kotz // Dartmouth College, Hanover, NH. [Электронный ресурс]. – 2018. – URL: <http://www.crowdad.org/index.html>

Т.И. Сайфитдинов, Р.Ф. Маликов

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭПИДЕМИИ COVID-19

(Башкирский государственный педагогический университет им. М.Акумуллы)

В связи с последними событиями в мире, пандемией коронавируса, направление исследования распространения эпидемии становится одной из актуальных задач. Эта задача математически решалась разными методами. С применением разных компьютерных технологий – имитационного агентного моделирования [1, 2], методами клеточных автоматов, системной динамики и динамических систем [3, 4]. Для имитационного моделирования эпидемий можно использовать среды имитационного моделирования Anylogic и GPSS и их расширения [5-7].

**Имитационная модель.** В данной работе для анализа распространения эпидемии мы использовали модель в среде AnyLogic (рис.1), из работы [5], которая была модернизирована.

**Начальные условия.** При построении этой модели распространения эпидемии мы исходили из следующих начальных условий

- Начальная численность населения TotalPopulation, равна 18000000 человек.



- Вначале заражен только один человек, а все остальные лишь восприимчивы к болезни.
- Во время болезни один человек в среднем контактирует с другими с интенсивностью  $ContactRateInfectious$  (CR), равной 1-2 человека в день. Если заразившийся человек взаимодействует с восприимчивым контактером к болезни, то вероятность передачи инфекции  $Infectivity$  равняется 0.462.
- После того, как человек заражается, инкубационный период  $AverageIncubationTime$  длится в среднем 7 дней.
- Средняя длительность болезни после инкубационного периода  $AverageIllnessDuration$  (другими словами, длительность периода, когда этот человек может заражать других) составляет 21 дней, до полного выздоровления.
- Выздоровевшие люди получают иммунитет к болезни и не могут снова заболеть.

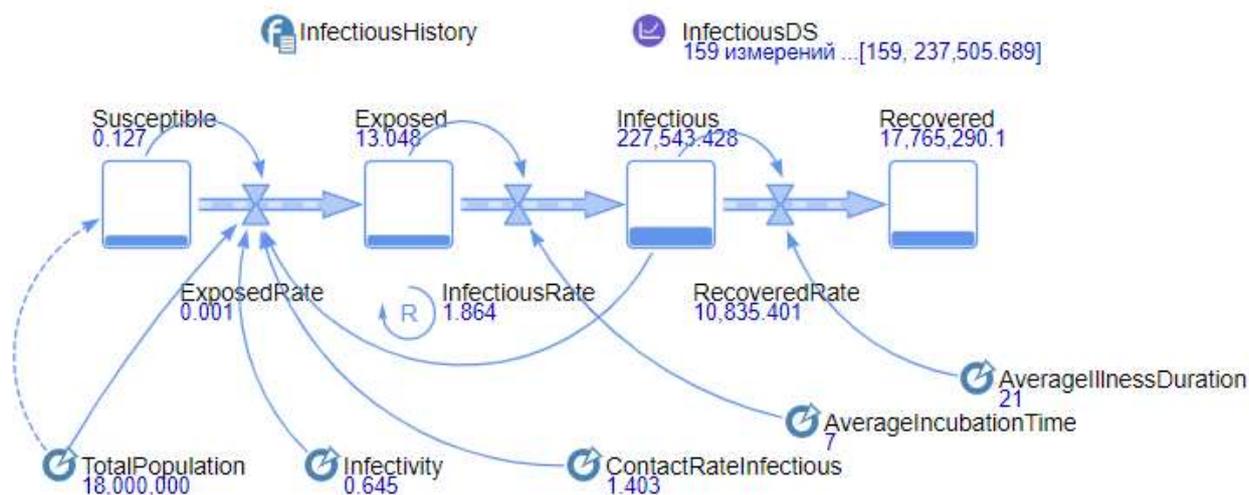


Рис. 1. Имитационная модель распространения инфекции в среде AnyLogic

**Результаты моделирования** в зависимости от скорости распространения инфекции приведены на рис.2. Сравнительный анализ с результатами работы [8] показывают, как будет распространяться вирус при увеличении передачи вируса при контакте с людьми. По полученным данным можно сказать, что при вероятности передачи инфекции 64% и передачи вируса зараженным 1.4 человеку за день, то пик зараженных к середине мая.

**Калибровка.** Несомненно, полученные первоначальные данные, такие как передача болезни, при контакте  $ContactRateInfectious$  (CR), и вероятность передачи  $Infectivity$ , больше относятся к усредненным данным по всему миру. В Москве распространение вируса имеет менее болезненную скорость, благодаря различным факторам, например, низкая температура воздуха, препятствующая размножению вируса. Поэтому в ситуации с Москвой, необходимо вычислить собственные значения  $ContactRateInfectious$  и  $Infectivity$ . Для этого мы введем известные данные о количестве человек зараженных в Москве (рис.3). На



основе полученных данных (рис.3), была проведена калибровка, результаты которой, представлены на рис.4.

### COVID-19 : ContactRateVariation

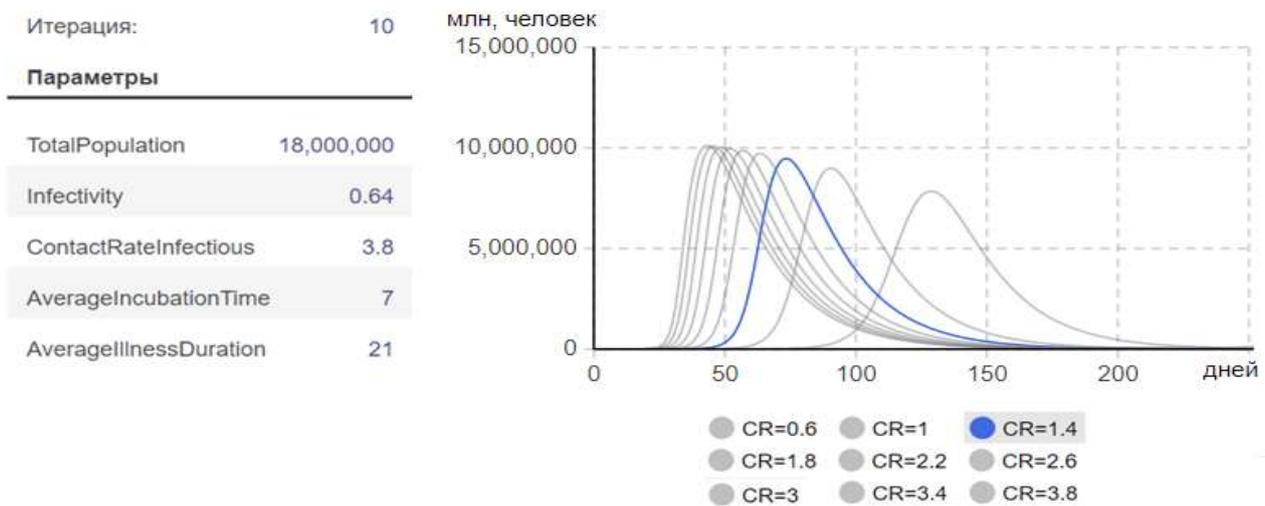


Рис 2. Скорость распространение вируса при изменении ContactRateInfectious

Infectious		InfectiousDS	
1	0	1	1.021
2	5	2	1.162
3	5	3	1.414
4	5	4	1.784
5	8	5	2.292
6	11	6	2.969
7	17	7	3.861
8	21	8	5.031
9	26	9	6.56
10	35	10	8.558
11	35	11	11.165
12	53	12	14.568
13	55	13	19.009
14	86	14	24.805
15	98	15	32.367
16	131	16	42.236
17	137	17	55.113
18	191	18	71.916
19	262	19	93.843
20	290	20	122.455
21	410	21	159.79
22	546	22	208.509
23	703	23	272.08
24	817	24	355.034
25	1014	25	463.278
26	1226	26	604.521
27	1613	27	788.825
28	1880	28	1,029.313
29	2475	29	1,343.111
30	2923	30	1,752.56
31	3357	31	2,286.808
32	3893	32	2,983.875
33	4484	33	3,893.357
34	5181	34	5,079.936
35	5841	35	6,627.956
36	6698	36	8,647.381

а)

б)

в)

### COVID-19 : Calibration

	Текущее	Лучшее
Итерация:	500	475
Функционал ↓	970.035	535.586
<b>Параметры</b>		Copy best
TotalPopulation	18,000,000	18,000,000
<b>Infectivity</b>	0.912	0.645
<b>ContactRateInfectious</b>	0.911	1.403
AverageIncubationTime	7	7
AverageIllnessDuration	21	21

Рис 3. Данные о количестве человек зараженных до 9 апреля 2020 года:  
 а – в реалии, б – расчет, в - результаты калибровки



По полученным результатам можно сказать, что вероятность заражения коронавирусной инфекции в Москве в среднем составляет 64.5%, и также зараженный в среднем может передать инфекцию 1,4 человек за день.

На основе данных калибровки можно построить модель распространения коронавируса в Москве (рис.4).

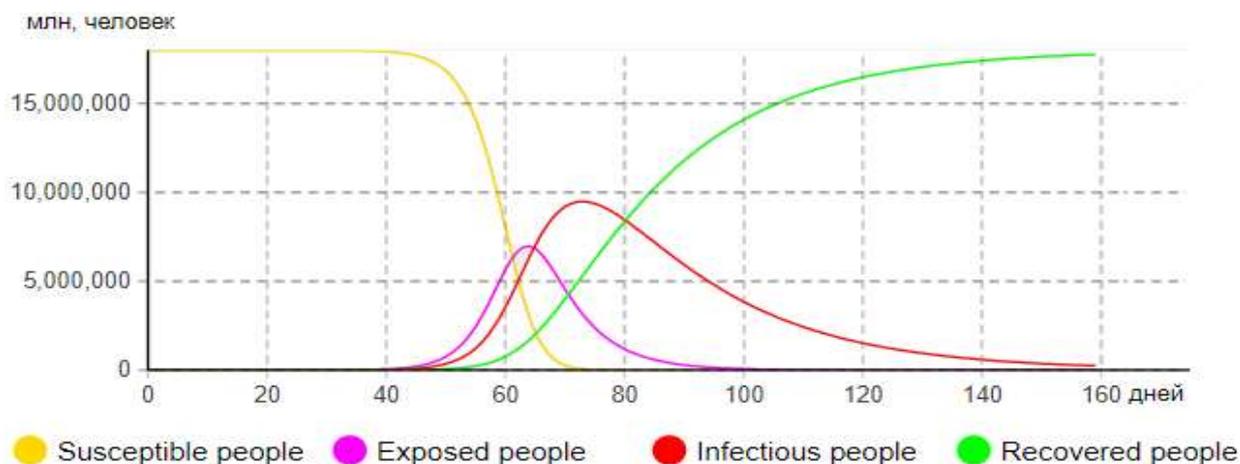


Рис. 4. Результаты распространения инфекции

Красная линия показывает количество людей инфицированных вирусом. К 70 дню (во второй половине мая 2020 года), можно заметить спад.

**Вывод.** Полученная модель распространения вируса COVID-19 в Москве, в первую очередь основывается на данных, полученных через неделю после указа о самоизоляции. Данные собирались с 5 марта по 9 апреля 2020 года. Однозначно, режим самоизоляции поможет уменьшить распространение вируса. И данная качественная модель может быть реальна лишь в том случае, если не будет предпринято никаких действий.

### Литература

1. Кондратьев М.А. Разработка модели распространения инфекционных заболеваний на основе агентного подхода. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Санкт-Петербург, 2012.
2. Лапшина С.Ю. и др. Мультиагентное моделирование процессов распространения массовых эпидемий с использованием суперкомпьютеров // Программные продукты и системы. – 2018. - № 3. – С.640-644.
3. Башабшех М.М. Комбинированная имитационная модель пространственного распространения эпидемий на основе стохастической компартментной модели и вероятностного клеточного автомата. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Курск, 2014
4. Korobeinikov A., Shchepakina E., Sobolev V. A black swan and canard cascades in an SIR infectious disease model // Mathematical Biosciences and Engineering. – 2019. – Vol.17. – Issue 1. – P. 725–736.



5. Григорьев И. Anylogic за три дня. Практическое пособие по имитационному моделированию (2017, 273с) [Электронный ресурс]// <https://www.anylogic.ru/resources/books/free-simulation-book-and-modeling-tutorials/> (дата обращения: 08.04.2020).

6. Кудрявцев Е. М. GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем. – М.: ДМК Пресс, 2004. – 320 с.

7. Маликов Р.Ф. Практикум по дискретно-событийному моделированию сложных систем в расширенном редакторе GPSS World: практикум. – Уфа: Изд-во БГПУ, 2017. – 273с.

8. Сулакшин С.С. Результаты моделирования эпидемии коронавируса в России. 7 Апреля 2020. <http://rusrand.ru/forecast/ob-obstoyatelstvah-epidemii-koronavirusa-v-gossii> (дата обращения: 08.04.2020)

А.И. Сафронов, А.Б. Кузьмичев

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВНУТРЕННЕЙ БАЛЛИСТИКИ СИСТЕМЫ С РАЗДЕЛЕНИЕМ ЗАРЯДА

(Тольяттинский государственный университет)

Повышения скорости метания из баллистической системы, реализуемой по классической схеме, возможно за счет использования эстафетной схемы метания. Основное условие для сравнения таких систем - это их функционирование с одинаковыми максимальными давлениями в канале.

На баллистических системах можно повысить скорость метания при неизменном заданном максимальном давлении за счет разделения используемого заряда на несколько подзарядов (эстафетная схема) [1]. Реализацию такой системы возможно сделать за счёт зажигания дополнительного заряда в строго определённый момент времени (задержки зажигания) после зажигания основного заряда. Например, за счёт воспламенения дополнительного заряда иницирующими газами, перетекающими из камеры основного заряда. При этом общая масса всего заряда может превышать массу, используемого при классической схеме. При этом максимальное давление в системе не превышает максимального допустимого давления в камере рассматриваемой системы.

В начальный момент времени в движение приходит сборка, состоящая из перегородки с отверстием, дополнительного подзаряда, расположенного в области I, и метаемого элемента (рис.1). Дополнительный подзаряд воспламеняется через заданное время задержки зажигания после начала движения сборки. Когда давление перед перегородкой становится более высоким, чем давление за перегородкой, сборка разделяется, и в канале системы возникает волновой эффект, который приводит к перераспределению энергии на повышение скорости метаемого элемента. Перегородка притормаживается, метаемый элемент продолжает самостоятельное движение



по каналу, приобретая на срезе канала более высокую скорость по сравнению с классической схемой метания.

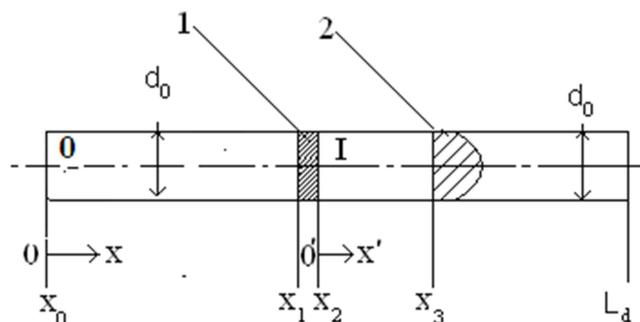


Рис.1. Схема метания: 0, I – области расположения зарядов; 1 – перегородка; 2 – метаемый элемент;  $d_0$  – диаметр цилиндрического канала системы;  $L_d$  – длина канала; 0 – область основной части заряда; I – область дополнительной части заряда.

Проведённый теоретический анализ эффективности эстафетной схемы по модели, представленной в [2], показал, что при неизменном максимальном давлении на дно канала при использовании эстафетной схемы возможно повышение скорости метаемого элемента для баллистической системы.

Теоретический интерес представляет вопрос о применении эстафетной схемы в случае использования цилиндро-конической формы камеры для системы, когда параметры камеры определены заранее. При этом дополнительный подзаряд размещается в цилиндрической оболочке, которая прикреплена к метаемому элементу и от метаемого элемента уходит в гильзу до заданной координаты левого торца цилиндрической оболочки. Расчеты для такой модельной системы проводились по модели механики гетерогенных сред [2, 3, 4, 5]. В каждой расчетной области использовалась индивидуальная система координат: в области 0 – инерциальная система координат  $0X$ , в области I – неинерциальная система координат  $0'X'$ .

При построении модели эстафетной схемы приняты следующие допущения:

- поверхности частей зарядов охватывается пламенем мгновенно в соответствующий зажиганию для каждой из частей заряда момент времени;
- движение дополнительного заряда и метаемого элемента – начинается после достижения давления форсирования сборки;
- сопротивление воздуха и трение при движении элементов по каналу не учитываются;
- для пороховых частиц частей заряда справедлив обычный геометрический закон горения;
- до момента разделения сборки частицы дополнительного заряда неподвижны относительно сборки;
- после разделения сборки перетоки газа между областями 0 и I не учитываются.



При этом допустимое максимальное давление на дно канала (область 0) не превышает 505 МПа. Импульсы частей заряда подбирались под заданное максимальное давление в модельной системе. Решение задачи проводилось методом распада произвольного разрыва [6].

Результаты расчетов модельной системы представлены на рис. 2. В результате расчетов модельной системы получено, что при метании элемента с  $C_q = 15 \text{ кг/дм}^3$  возможно достижение начальных скоростей метания, примерно,  $V = 1180 \text{ м/с}$ .

Из графиков баллистических параметров представленных на рис.2 следует, что давление на дно канала при горении части заряда в области 0 достигает заданного максимального значения, примерно,  $P_0 \text{ max} = 500 \text{ МПа}$  (кривая зависимости 1).

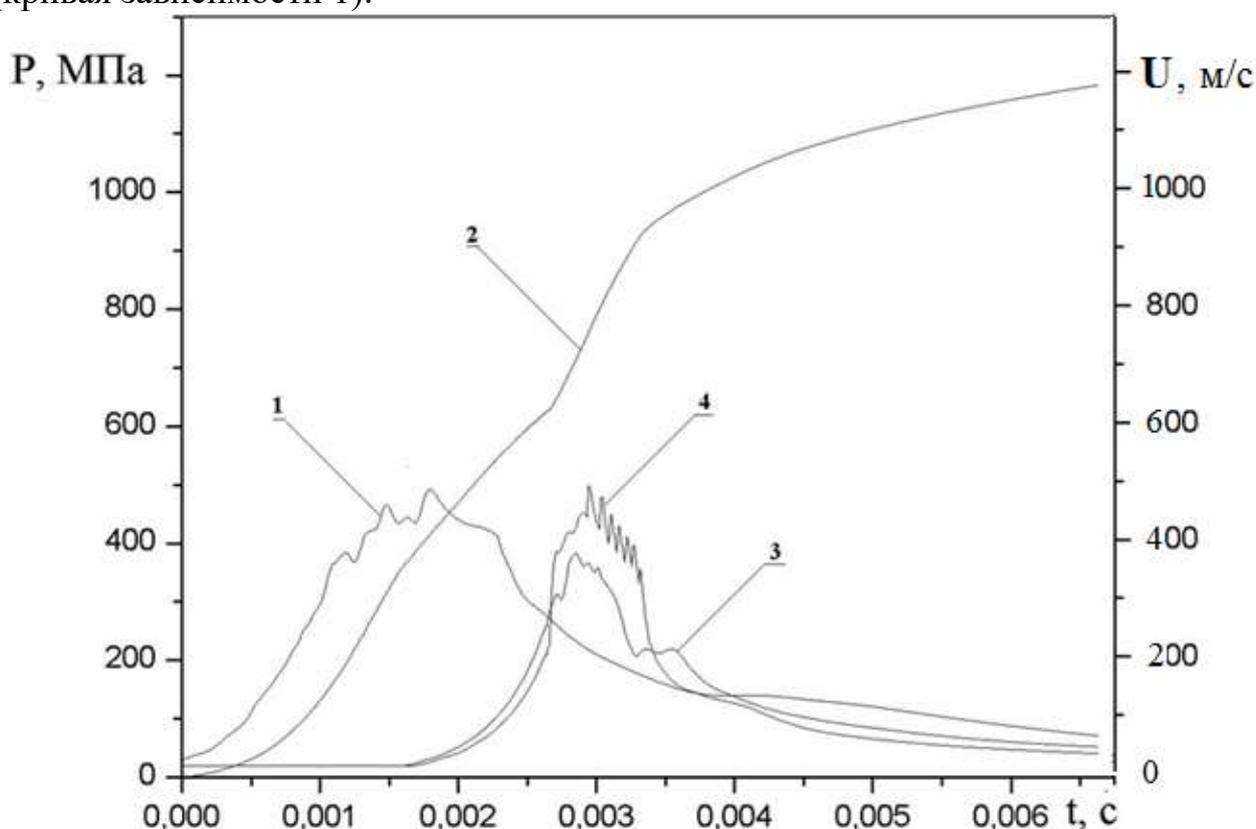


Рис. 2. Баллистика модельной системы. 1  $P_0(t)$  – давление на дно канала; 2  $V(t)$  – скорость метаемого элемента; 3  $P_2(t)$  – давление внутри цилиндрической оболочки (на дне); 4  $P_3(t)$  – давление на метаемый элемент.

При расчете системы предполагалось, что обеспечивается задержка зажигания подвижной части заряда равная  $t_3 = 1,7 \text{ мс}$ . После воспламенения подвижной части заряда давление внутри цилиндрического блока, содержащего дополнительную часть заряда, представлено кривой зависимости 3. Это давление не превышает значения  $P = 380 \text{ МПа}$ . За счет перераспределения энергии частей заряда, давление на метаемом элементе резко не падает. Благодаря этому, продолжается интенсивный подгон метаемого элемента до момента времени равного, примерно,  $t = 3,5 \text{ мс}$ .



Для сравнения проведены расчеты той же модельной системы с монозарядом при тех же ограничениях на максимальные давления.

На рис. 3 представлена баллистика рассмотренной системы с монозарядом классической схемы.

В результате проведенных исследований модельной системы получена расчетная скорость метания элемента с  $C_q = 15 \text{ кг/дм}^3$  примерно на 17 % более высокая, чем реализуемая на той же системе при классической схеме метания.

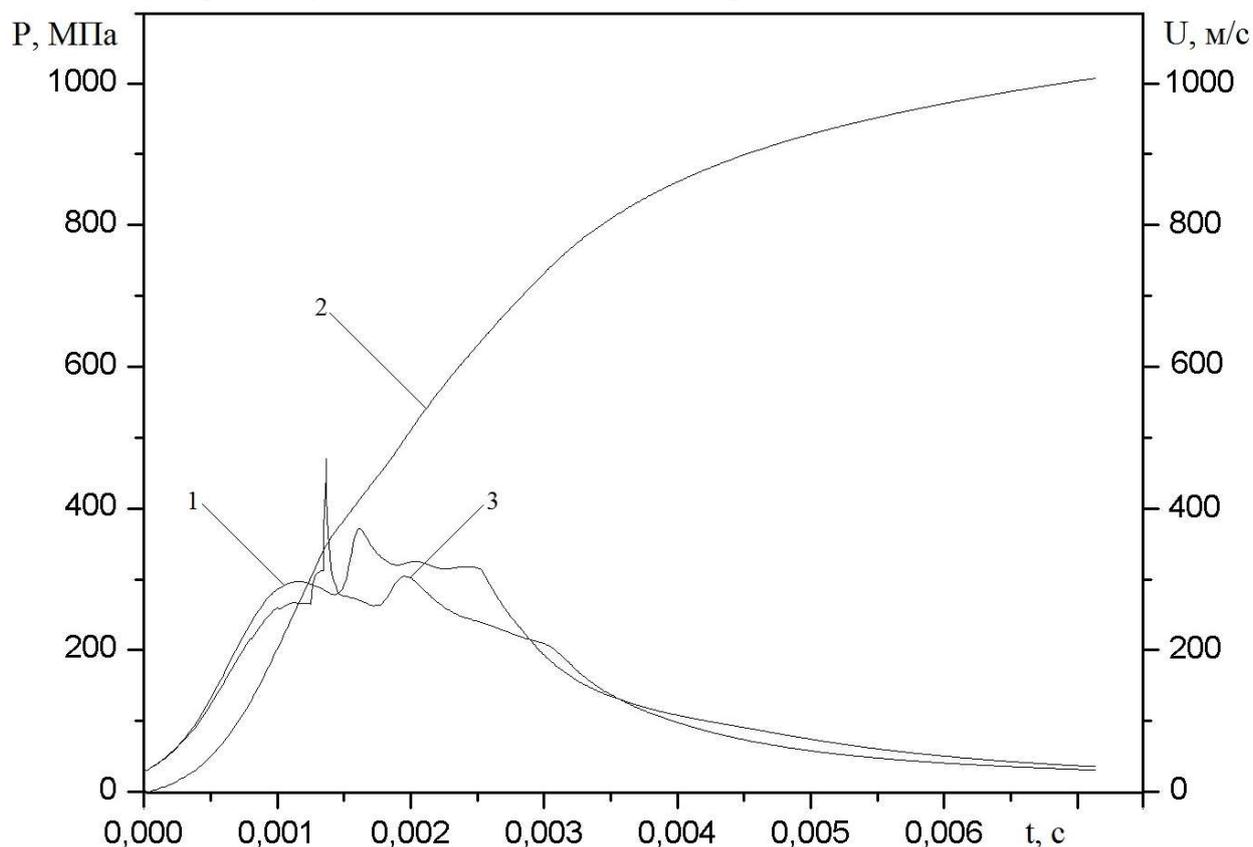


Рис. 3. Баллистика модельной системы классической схемы. 1  $P_0(t)$  – давление на дно канала; 2  $V(t)$  - скорость метаемого элемента; 3  $P_3(t)$  – давление на метаемый элемент.

Полученный результат интересен для проведения различных исследований в области внутренней и внешней баллистики.

### Литература

1. Сафронов А.И. Использование нетрадиционной схемы метания в баллистических схемах [Текст] / А.И.Сафронов, Л.В.Комаровский //Международная конференция по математике и механике: Избранные доклады / Под общей редакцией Н.Р.Щербакова.- Томск, 2003. –С.182-187.

2. Сафронов А.И. Внутренняя баллистика ствольной системы с присоединенной камерой подгона [Текст] / А.И.Сафронов, А.Ю. Крайнов // Вестник ТГПУ.—2004.—Вып.6(43). –С. 67-70.



3. Рахматуллин Х.А. Основы газодинамики взаимопроникающих движений сжимаемых сред [Текст] // ПММ. –1956.—Т.20. – В.1.—С.184-195
4. Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред [Текст] // М.: Наука, 1987.—Ч.1.—464с.
5. Русяк И.Г., Ушаков В.М. Внутрикамерные гетерогенные процессы в ствольных системах [Текст] // Екатеринбург: УрО РАН, 2001. 259с.
6. Численное решение многомерных задач газовой динамики [Текст] / С.К. Годунов [и др.] // М.: Наука, 1976.—400с.

М.В. Соловьев

## МОБИЛЬНАЯ ГЕНЕРАЦИЯ СЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ

(Самарский университет)

**Введение.** Генераторы случайных чисел широко используются в компьютерной безопасности и криптографии, в научных вычислениях и в различных играх. Их можно разделить на две основные категории [1].

1. Генераторы псевдослучайных чисел – это генераторы основанные на сложной математической функции, которая имитирует случайность.

2. Генераторы истинных случайных чисел – это генераторы, которые порождают случайные числа на основе хаотически изменяющихся параметров физического процесса. Работа таких устройств основана на источниках энтропии. Эти процессы абсолютно непредсказуемы и их случайность проверяется с помощью специальных статистических тестов.

Мобильные устройства уже давно получили широкое распространение и превратились в уменьшенные персональные компьютеры с наборами различных быстродействующих датчиков. Как раз эти датчики и могут стать надежными источниками энтропии для создания генератора случайных чисел.

**1. Постановка задачи.** Таким образом, ставится задача разработки мобильного генератора случайных чисел.

**2. Анализ задачи.** Для создания генератора случайных чисел необходимо выбрать источники энтропии [2]. Такие источники могут быть выбраны из набора датчиков мобильного устройства таких, как акселерометр, микрофон, гироскоп, люксметр, магнетометр. Последовательностям чисел на выходе генератора должны быть предъявлены требования: 1) «равномерности», то есть равной вероятности появления различных чисел, битовых фрагментов чисел и групп чисел; 2) «случайности», то есть непредсказуемости появления отдельных чисел или групп чисел.

**3. Описание решения.** Для разработки генератора необходимо определить алгоритм генерации случайных чисел. Для рассмотрения были выбраны несколько таких алгоритмов.



1. Yarrow - это криптографически стойкий генератор случайных чисел, разработанный Б.Шнайером и Н.Фергюсоном [7]. Он состоит из четырёх основных компонентов:

- а) аккумулятора энтропии, который собирает образцы из источников энтропии в два пула (быстрый и медленный);
- б) механизма пересева, периодически засеивающего ключ новой энтропией из пулов;
- с) механизма генерации, выполняющего генерацию случайной последовательности из ключа.
- д) подсистемы управления пересевом, определяющего, когда нужно пересеять ключ.



Рис. 1. Общий вид алгоритма

В настоящее время алгоритм Yarrow считается сильно защищенным генератором случайных чисел. Это позволяет использовать его для широкого спектра задач: шифрования, электронной подписи, целостности информации и других задач.

2. Fortuna – алгоритм генерации случайных чисел, который является усовершенствованием алгоритма Yarrow [6].

Основным отличием Fortuna от Yarrow является иной подход к работе аккумулятора энтропии — Yarrow требует наличия механизмов оценки количества энтропии и использует только два пула.

В итоге для реализации мобильного генератора случайных чисел был выбран алгоритм Yarrow.

Для тестирования полученной энтропии из источников был выбран программный комплекс NIST SP 800-22, разработанный Национальным Агентством по Стандартизации США. Он содержит сравнительно небольшой, тщательно отобранный комплект статистических тестов, предназначенных для исследования «случайности» и «равномерности» битовых последовательностей, производимых «криптографически стойкими» ГПСЧ [3]. В ходе исследований двоичные данные, полученные с датчиков были проверены двумя тестами [5,8].

1. Частотный побитовый тест. Цель теста - выяснить, действительно ли число нулей и единиц в последовательности приблизительно одинаковы, как это можно было бы предположить в случае истинно случайной бинарной последовательности.



2. Частотный блочный тест. Цель теста - выяснить действительно ли частота повторения единиц в блоке длиной  $m$  бит приблизительно равна  $m/2$ , как можно было бы предположить в случае абсолютно случайной последовательности.

После проведенных исследований некоторые датчики, такие как магнетометр, люксметр, гироскоп были исключены из-за плохих результатов. Тем не менее, микрофон и акселерометр показали хорошие результаты. С каждого датчика были получены 32-битные числа, которые были протестированы отдельно по битам и блоками. Результаты тестирования отображены на тепловой карте (рис. 1). Черным цветом обозначены «хорошие» биты, которые будут использоваться в качестве энтропии [9].

	Младший бит																Старший бит																
Датчик/бит	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Микрофон	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Акселерометр - Ось X																																	
Акселерометр - Ось Y																																	
Акселерометр - Ось Z																																	

Рис. 1. Тепловая карта

Статистические тесты продемонстрировали какие датчики подходят в качестве источников энтропии для разработки генератора случайных чисел – это микрофон и акселерометр. Из рассмотренных алгоритмов генерации был выбран Yarrow. Таким образом, мобильное устройство подходит для разработки на его основе быстродействующего и качественного генератора случайных чисел.

Был составлен алгоритм работы генератора, использующего эти датчики.

1. Накопитель энтропии конкатенирует значения, полученные с микрофона и акселерометра в файл в памяти мобильного устройства, но только те биты, которые были выбраны выше, как «хорошие».

2. Запуск алгоритма Yarrow [4], в котором для шифрования используется алгоритм *DES* (функция  $E_k()$ ), а в качестве хэш-функции  $h()$  – *SHA-1*.

3. Задание начальных значений:

1) Задать размер шифруемого сообщения  $n = 64$ , т.к. для шифрования используется алгоритм *DES*;

2) Задать  $k = 64$  – размер ключа  $K$ , используемого при шифровании;

3) Задать значение  $P_g$  ( $0 < P_g < 2^{n/3}$ , обычно  $P_g = 10$ ), определяющее количество бит, после генерации которых нужно обновить значение ключа  $K$ ;

4) Задать значение  $P_t$  ( $P_t > P_g > 0$ ), определяющее количество бит, после генерации которых нужно запустить механизм обновления ключа  $K$  и счётчика  $C_i$ , используя накопитель энтропии, и сформировать  $v$  – следующее значение из файла накопленной энтропии;

5) Задать  $t = 0$ , где  $t$  – количество запусков механизма обновления ключа и счётчика;

6) Задать некоторое начальное значение  $n$ -битного счётчика  $C_0$ ;

7) Присвоить  $curP_g = P_g$ ,  $curP_t = P_t$ .



4. Для  $i = 1, m$  выполнить:

1) Если  $curP_g = 0$ , то:

a) с помощью функции  $G(i)$  сгенерировать  $k$  бит, которые будут использоваться в качестве нового ключа  $K$ ;

b) присвоить  $curP_g = P_g$ .

2) Если  $curP_t = 0$ , то:

a) вычислить  $v_0 = h(v || t)$ ;

b) вычислить  $v_i = h(v_{i-1} || v_0 || t)$  для  $i = 1, \dots, t$ ;

c) вычислить  $K = H(h(v_t || K), k)$ ;

d) вычислить  $C_i = E_K(0)$ ;

e) присвоить  $curP_g = P_g, curP_t = P_t, t = t + 1$ .

3) Вычислить  $x_i = G(i)$ , которое является следующим блоком выходной последовательности.

4) Выполнить  $curP_g = curP_g - 1$  и  $curP_t = curP_t - 1$ .

5. В результате предыдущего шага формируется выходная случайная последовательность.

В этом алгоритме использованы функции  $G()$  и  $H()$ , определенные следующим образом.

Функция  $G(i)$ :

1. Вычислить  $C_i = (C_{i-1} + 1) \bmod 2^n$ .

2. Вернуть  $E_K(C_i)$  как результат вычисления функции.

Функция  $H(s, k)$ :

1. Вычислить  $s_0 = s$ .

2. Вычислить  $s_i = h(s_0 || \dots || s_{i-1})$  для  $i = 1, 2, \dots$

3. Вернуть первые  $k$ -бит от конкатенации двоичных слов  $s_0 || s_1 || \dots$

**Выводы.** Поставлена задача разработки генератора случайных чисел на основе датчиков мобильного устройства. Выбраны подходящие источники энтропии. Выбран и проанализирован алгоритм генерации чисел на основе энтропии.

### Литература

1. Кнут Д. Э. Искусство программирования. Том 2. Получисленные алгоритмы. — М: Вильямс, 2001.— 832 с.

2. Иванов М.А. Теория, применение и оценка генераторов псевдослучайных последовательностей / М.А. Иванов, И.В. Чугунков. - М.: КУДИЦ-ОБРАЗ, 2003. - 240 с.

3. Климентьев К.Е. Выбор и реализация программного генератора псевдослучайных чисел для системы мультиагентного моделирования // Международная научно-техническая конференция "Перспективные информационные технологии (ПИТ 2019)". — 2019. — С. 52-58.

4. Генерация криптографически безопасной псевдослучайной последовательности [Электронный ресурс]. URL: <https://ami.nstu.ru/~kurlaev/ib/Materials/lab2.pdf>.



5. Статистическая проверка случайности двоичных последовательностей методами NIST [Электронный ресурс]. – URL: <https://habr.com/ru/company/securitycode/blog/237695/>.

6. Алгоритм Fortuna [Электронный ресурс]. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Алгоритм\\_Fortuna](https://ru.wikipedia.org/wiki/Алгоритм_Fortuna).

7. Криптографическая стойкость генераторов случайных чисел. Алгоритм Ярроу [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kriptograficheskaya-stoykost-generatorov-sluchaynyh-chisel-algoritm-yarrou/viewer>.

8. Статистические тесты NIST [Электронный ресурс]. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Статистические\\_тесты\\_NIST](https://ru.wikipedia.org/wiki/Статистические_тесты_NIST).

9. Toward Sensor-Based Random Number Generation for Mobile and IoT Devices [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.cs.wm.edu/~gzhou/files/Entropy\\_IoT16.pdf](http://www.cs.wm.edu/~gzhou/files/Entropy_IoT16.pdf).

Р.А. Учайкин

## МЕТОД АНАЛИЗА ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ПРЕДПРИЯТИЯ СРЕДСТВАМИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

(Самарский государственный технический университет)

**Введение.** Задача оптимального использования средств вычислительной техники (СВТ) на промышленных предприятиях является одной из ключевых в современных информационных технологиях. Современное машиностроительное предприятие имеет в своей структуре комплекс проектных, конструкторских и производственных подразделений. Их задачи обусловлены как созданием новых образцов изделий, так и модернизацией выпускаемой продукции.

В работе [1] разрабатывались методы распределения средств вычислительной техники в информационных системах предприятий. Автором предложен подход к постановке задачи оптимизации распределения компьютерного оборудования на машиностроительном предприятии [2]. Однако решение такой задачи требует предварительной оценки, насколько эффективно используется уже имеющаяся в подразделениях вычислительная техника. Известен метод анализа среды функционирования (Data Envelopment Analysis – DEA), который успешно применялся для сравнения разнородных предприятий [3]. Перспективность метода DEA была подтверждена и в других задачах: использование финансовых ресурсов, анализ водообеспечения регионов, оценка эффективности программных систем и др.

В данной статье рассматривается решение задачи формальной оценки эффективности использования компьютеров в подразделениях предприятия с целью планирования их оптимального распределения и эксплуатации.



**Оценка эффективности использования СВТ в производственных подразделениях.** Рассмотрим совокупность из восьми производственных подразделений (цехов). Они оснащены средствами ВТ различных конфигураций и решают различные задачи, которые будут оцениваться условными объемами выполняемых операций.

Выходные параметры - ключевые показатели эффективности КРІ (Key Performance Indicators) приняты следующие:  $Y_1$  – суммарная стоимость компьютерной техники в отделе (тыс. рублей);  $Y_2$  – удельный объем выполняемых задач на одного сотрудника.

Входные параметры рассматриваемых подразделений описывают степень оснащённости компьютерной техникой, сложность производственных процессов:  $X_1$  - число сотрудников в подразделении;  $X_2$  – количество компьютеров в подразделении;  $X_3$  – средняя производительность компьютеров (Гфлопс);  $X_4$  - объём задач, выполняемых в подразделении;  $X_5$  - количество рабочих станций инженерной конфигурации;  $X_6$  - количество рабочих станций офисной конфигурации;  $X_7$  - количество терминалов (бездисковых рабочих станций).

Приведённые выше параметры рассматриваются за годовой период. Решение модели DEA выполнялось для 2017 и 2018 годов.

Метод DEA основывается на постановке задачи дробно-рационального программирования и сведения её к задаче линейного программирования. Определяется набор из  $n$  подразделений ( $DMU_i, i=1, \dots, n$ ), векторы их входных параметров (входных факторов)  $x_i = (x_1^i, \dots, x_m^i)$  и выходных параметров  $y_i = (y_1^i, \dots, y_r^i)$ . Измерение эффективности проводится путем нахождения оптимального взвешенного соотношения между выходными параметрами и входными факторами совокупности рассматриваемых DMU. Позиция объекта относительно границы дает возможность не только оценить его эффективность, но и найти величину изменений параметров, которые выводят объект на границу.

**Анализ модели.** Для исследования была использована программа PIM DEA Soft версии 3. Использовалась input-ориентированная модель  $CCR_{input}$  с не уменьшаемым эффектом масштаба NDRS, а также режим нахождения границы суперэффективности Simple Super Efficiency.

Метод DEA предполагает построение границы эффективности в виде поверхности в многомерном пространстве входных и выходных параметров.

Проведенное исследование позволяет сформировать стратегию развития производственных цехов П1 - П8 в следующих аспектах:

- 1 Оптимизация численности сотрудников в соответствии с объёмом задач.
- 2 Определение необходимого количества компьютерной техники и уточнение числа различных конфигураций компьютеров в цехе.
- 3 Перераспределение компьютерного оборудования между цехами.



4 Увеличение или уменьшение загрузки цехов и оптимизация удельного объёма выполняемых задач на одного сотрудника.

На рисунке 1 показана связь производительности СВТ (X3) и удельного объёма задач, выполняемых в подразделении (Y2). Видно, что границу эффективности образуют цеха П1, П3, П5 и П6. Наименее эффективны подразделения, находящиеся далеко от границы эффективности - это П2, П4 и П7. Для того, чтобы вывести неэффективно работающее подразделение, например П2, на границу эффективности, необходимо изменить некоторые параметры. Из рисунка 2 видно, что для повышения эффективности цеха П2 можно уменьшить количество инженерных рабочих станций с 39 до 8, или увеличить загрузку подразделения, увеличив количество задач с 17 до 25.

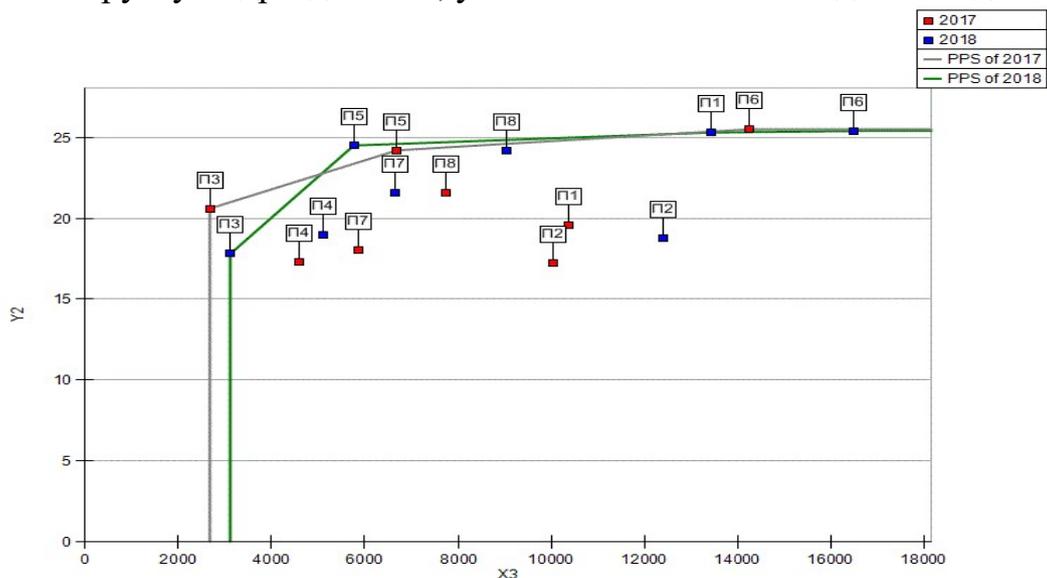


Рис. 1. Положение цехов относительно границ эффективности в зависимости от производительности СВТ и удельного объёма выполняемых задач в 2017-2018 гг.

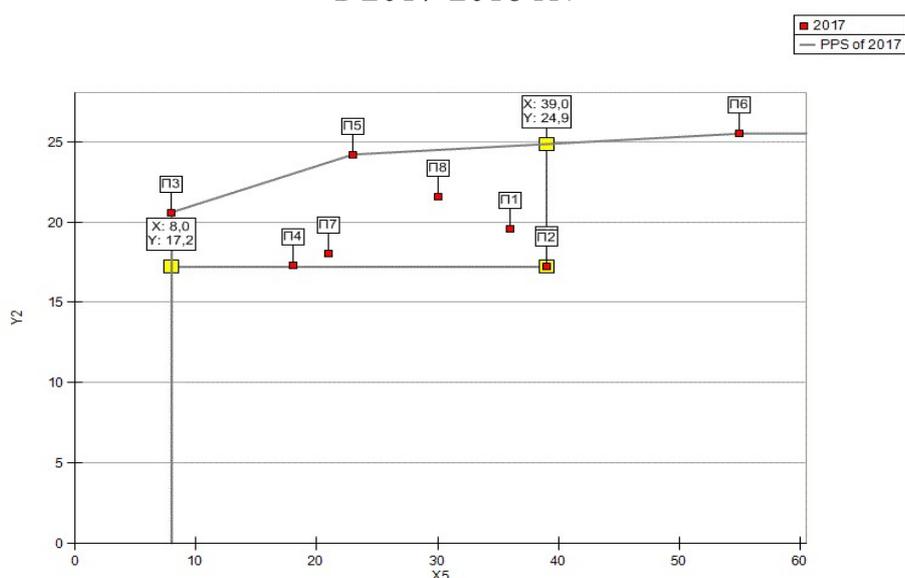


Рис. 2. Целевое изменение параметров X5 и Y2 для выхода подразделения П2 на границу эффективности.



**Заключение.** Предлагаемая методика позволяет повысить эффективность использования СВТ в производственных подразделениях машиностроительного предприятия и снизить затраты на их эксплуатацию. Данный подход помогает выявить те подразделения предприятия, которые работают неэффективно, и предлагает меры для повышения их эффективности: оптимизацию количества сотрудников, удельного объёма работ, определение необходимого количества средств ВТ определённых конфигураций.

### Литература

- 1 Дидрих В.Е. Задача распределения ресурсов в сетевой информационной системе / В.Е. Дидрих, И.В. Дидрих, Ю.Ю. Громов, М.А. Ивановский // Вестник Тамбов. гос. техн. ун-та. 2016. Т.22. № 4. С. 541-549.
- 2 Учайкин Р.А. Задача распределения средств вычислительной техники на машиностроительном предприятии / Р.А. Учайкин, С.П. Орлов // Вестник Самарского гос. тех. ун-та. Серия: Технические науки. 2019. Вып. 4(69). С 84-98.
- 3 Cooper W., Seiford L., Tone K. Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software. 2nd Edn. Springer Science + Business Media, 2007. 492 p.



## ФИЛОСОФИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И ТРАНСГУМАНИЗМ

---

А.Э. Бахметьев

### ИНТУИЦИЯ В МЕТАФИЗИЧЕСКОМ ПОЗНАНИИ<sup>3</sup>

(Самарский университет)

Философия имеет сложную структуру, включающую в себя множество дисциплин и учений. Метафизика локализована практически в центре понятийного поля философии. Множество мыслителей в истории философии предлагало своё понимание метафизики, в терминах которой находит своё место и интуиция. Метафизика, являясь философским учением, рассматривающим сверхопытные начала и законы бытия в целом, разделяется на три раздела: 1) рациональная психология, 2) рациональная космология и 3) естественная теология. Эти дистинкции возникли в русле догматической Лейбнице-Вольфовской метафизики. Кант сыграл роковую роль в судьбе догматической метафизики. Важной задачей он считал изменить метод метафизики и её применение. Результатом кантовской критики стало отрицание возможности метафизики как науки.

Метафизика пытается ответить на вопросы, возникающие в сознании познающего субъекта, именно благодаря этому она и существует. Она удовлетворяет определенную потребность. Метафизическая потребность, как пишет А.Н. Огнев, – это «потребность в знании, выходящем за пределы того, что дано в опыте и имеет рациональное объяснение» [8, с.212]. Кант разрушает «старую метафизику». «Метафизика чистого разума» стремится показать принципиальную непознаваемость объективной реальности. Система метафизики Канта строится из онтологии, рациональной физиологии, рациональной космологии и трансцендентальной теологии. В чистом разуме существуют «неизбежные проблемы»: бог, свобода и бессмертие. Кант пишет: «наука, конечная цель которой — с помощью всех своих средств добиться лишь решения этих (бог, свобода и бессмертие) проблем, называется метафизикой; ее метод вначале догматичен, т. е. она уверенно берется за решение [этой проблемы] без предварительной проверки способности или неспособности разума к такому великому начинанию» [2, с.109]. Кант видит задачу метафизики не в разъяснении понятия о вещах, а в том, что «в ней мы стремимся а ргіогі расширить наши знания и должны для этого пользоваться

---

<sup>3</sup> Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-011-00462 А



такими основоположениями, которые присоединяют к данному понятию нечто не содержащееся еще в нем; при этом мы с помощью априорных синтетических суждений заходим так далеко, что сам опыт не может следовать за нами, как, например, в положении мир должен иметь начало, и т. п.» [2, с.116]. Э. Кассирер говорит о том, что «метафизика может разрешить загадку существования только в том случае, если она возвращается к основным опытам личностной жизни и, исходя из них, определяет бытие; но этим она признает свой антропоморфный характер» [3, с.327]. И.Д. Левин утверждает необходимость существования метафизики, так как только она даёт возможность рационального объяснения ценностей. Именно в этом моменте Левин подчеркивает ограниченность науки, а также её методов и установок. Он пишет: «метафизика пытается занять положение свободного человека, или с помощью мысленного эксперимента перенестись в положение свободного человека» [4, с.62]. Это связано с иными координатами, в которых находится наука. Наука попросту не может обосновать те ценности, которые способна разъяснить метафизика. Метафизика, как определяет ее Р. Ингарден, «представляет собой важный в эстетическом отношении фактор произведения искусства» [1, с.340]. У метафизики существует свой метод и своя задача. Методом метафизики является употребление языка символов, а в основе этого метода лежит нестрогое размышление. А.Ю. Нестеров совершенно верно указывает на семиотическое значение метафизики, которая «не может ограничиваться логикой или чистым рассудком, требуя учёта и анализа внелогических и внерассудочных структур» [7, с.56]. Семиотический подход в метафизике «предоставляет аппарат описания в виде семиотического четырёхугольника, релевантный для отображения существующего любого типа» [7, с.57].

Три раздела метафизики связаны с интуитивным познанием, но в каждом из разделов оно выступает в разном качестве. «Consensus omnium» (общечеловеческое согласие) свидетельствует, что мир в качестве предмета рациональной космологии предстаёт как тело, душа в качестве элемента рациональной психологии – как психический процесс, а Бог в качестве ключевого момента естественной теологии – как дух [9, с.32]. Г.В. Лейбниц определяет интуицию как познание, в котором «ум сразу и отчетливо понимает все первичные составные части какого-нибудь понятия» [5, с.149]. Интуиция подразделяется на четыре типа: 1) «интуиция как созерцание», 2) «интуиция как идея», 3) «интуиция как опыт», 4) «интуиция как предположение». Каждый тип соответствует типам истинности, заложенным в законе достаточного основания. В редакции А. Шопенгауэра закон достаточного основания гласит: «если суждение выражает собою познание, то оно должно иметь для этого основание и в силу этого свойства получает тогда предикат истинного» [10, с.80].

Принципы метафизики заложены в «интуиции как созерцании», которая осуществляется через металогический тип истинности. Деление метафизики на части или же разделы присутствует в «интуиции как идее», которая



осуществляется через логический тип истинности. Соотношение метафизики с опытом наблюдается в «интуиции как опыте», которая осуществляется через эмпирический тип истинности. Значимость знаний в трансцендентальном смысле присутствует в «интуиции как предположении».

Метафизика включает в себя интуитивные моменты, которые выражаются в познании трёх ключевых особенностей, составляющих базис метафизики, таких как: 1) мир, 2) душа и 3) Бог. Стоит отметить, что мир позиционируется как вещь, душа – как процесс, а Бог – как состояние. В метафизике интуиция присутствует в превращенной форме. Превращенная форма является продуктом метаморфоза отношений, которые происходят внутри системы, то есть на каком-то определённом уровне. М.К. Мамардашвили определяет ее как «продукт превращения внутренних отношений сложной системы, происходящего на определенном ее уровне» [6]. Это превращение выражено в дискурсивном мышлении в актах рефлексии, но сама превращённая форма обладает для мышления интуитивной очевидностью.

### Литература

1. Ингарден Р.В. Исследования по эстетике. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1962. – 570с.
2. Кант И. Сочинения в шести томах: Т.3 – М.: «Мысль», 1964. – 799с.
3. Кассирер Э. Избранное. Опыт о человеке. – М.: Гардарики, 1998. – 784с.
4. Левин И.Д. Сочинения. Т. I. – Москва: Радикс, 1994. – 408с.
5. Лейбниц Г.В. Сочинения в четырех томах: Т. I. – М.: Мысль, 1982. – 636с.
6. Мамардашвили М.К. Как я понимаю философию. – [Электрон.ресурс]. Режим доступа: <http://filosof.historic.ru/books/item/f00/s01/z0001103/index.shtml> (дата обращения 01.04.2020).
7. Нестеров А.Ю. Существование и значение: проблема субстрата знаковой функции // Вестник Томского государственного университета. Философия. Социология. Политология. 2014. № 4 (28) – Томск: Национальный исследовательский Томский государственный университет, 2014. – С.56-63.
8. Огнев А.Н. Метафизические проблемы научного познания в свете онтогносеологической теории // Современные тенденции в научной деятельности. Сборник материалов XXVII Международной научно-практической конференции. – Астрахань: Научный центр «Олимп», 2017. – С.212-215.
9. Христиан Вольф и философия в России. – СПб: изд-во Русского Христианского гуманитарного института, 2001. – 658 с.
10. Шопенгауэр А. Собрание сочинений: В 6 т. Т. 3: Малые философские сочинения. – М: ТЕРРА-Книжный клуб; Республика, 2001. – 528с.



Е.Д. Богатырева

## ТЕХНОЛОГИЯ И КУЛЬТУРА: ПОДТЕКСТЫ НОВОГО

(Самарский университет)

Когда-то в двадцатые годы русский авангард, грезя о фабриках и заводах, продумывал радикальные эксперименты с конструированием новых художественных вещей. Для этого потребовалось обнулить значение старых вещей, перевести их либо в разряд «существуют, но не имеют значения», либо найти им «новое значение», а значит, дать буквально право на существование, политическое «существую» во многом начинает определять здесь физическое. В результате такой практики вещи, будь то вещи природы, культуры, денатурализируются, выводятся из-под юрисдикции старой онтологии вещей и отношения к ним. И хотя это во многом ещё воображаемый процесс, право на будущее («мы новый мир построим»), он имел самые серьёзные последствия.

Собственно, новое в XX столетии определялось сознанием того переворота в состоянии вещей (насильственно изъятых из своих контекстов, либо как-то ещё потерявших свои связи с привычным и традиционно поддерживающим их окружением), который произвели две мировые войны, революции, идущий с ними рука об руку научно-технический прогресс, последнему обязаны многие преобразования общества и культуры. Отметим, что опыт разрушения старого мира в прошлом столетии оказался здесь провокатором усиления чувствительности к значению, породил интерес к проектам учреждения собственно знаковой реальности, которая включала вещи в новые структурные комбинации, реализуя далеко не однозначные, как показала история, отношения части и целого, вопрос о которых до сих пор открыт пересмотру и истолкованию. Важно подчеркнуть, что непосредственное наблюдение за тем, как сложные социальные системы в начале уже прошлого столетия редуцировались, сжимались, сокращались до своих неустранимых основ, стало антропологической основой, из которой рос интерес к базовым элементам, связям и структурам [4, 20]. А из этого интереса, в свою очередь, и вышел во многом русский авангард, который следует рассматривать как расширение русского модернизма, как разновидность общемировых модернистских проектов и практик.

Исследуя и запуская для производства нового мира семиотический механизм, русский модернизм в лице авангардных практик прошлого столетия зарезервировал новый порядок вещей как порядок целесообразных вещей. В искусстве стихийное разложение и сознательная деконструкция языковых и пластических средств на «первоначальные множители» сменились созданием новых художественных систем, которые видимым образом нарушали сложившиеся категории восприятия, заходили на территорию новых технологий, брали курс на обнуление привычек опыта и расширение контекстов собственного применения.



Форма как следствие функции здесь первое уравнение «качества» учреждаемого порядка. Составляющими процесса нового художественного производства выступают рационализация, механизация, стандартизация, мотивация, которая реализуется через задание технологии смыслового (целевого) кода. В пределе таковым может выступать социальная утопия нового мира, что в своём приложении производило эффект очищения используемых здесь средств от закреплённых за ними значений. К примеру, у отца русского модернизма Владимира Татлина можно найти принцип «материал диктует форму», в своих конструкциях - контррельефах – он наглядно показал, как можно трактовать антииллюзионистический посыл новых технологий. Его «материалы» направляют зрителя не к воспроизведению антропоморфного космоса, не к трансцендентным смыслам (к красоте, к религии, к Богу, как в тех же иконах, которая своей материальностью отвергает любые отсылки к реальному миру), а к имманентной реальности материала.

Призыв делать вещи функциональными и рациональными в русском авангарде связан не только с утверждением нового общего принципа существования искусства, но и с разработкой вопроса о связи формального эксперимента с коммунистическими принципами общественно-экономической организации в СССР. Драматическая история авангарда в отечестве здесь коррелирует с резким осуждением модернизма в Третьем Рейхе, общий момент - ревизионизм «неоклассики», которому будут вторить императив сплочения народа вокруг лидера, партии, государства, осуждение индивидуального видения, персонального стиля, личного спасения, обвинение в оторванности художника от масс. Такая политика, назовём её политикой против множественности, уничтожила множество шедевров модернистского искусства, сообщив им политический маркер «дегенеративного» (в нашей стране этим маркером стал «формализм»), сделала невозможным завершение «Памятника III Интернационалу» Владимира Татлина. Но сама исключительность модернистского жеста, многоканальность передачи, наконец, принципиальная незавершённость проекта модернизма будоражит умы художников во всём мире. Тот же памятник Татлина становится в своих новых реализациях символом неутомимого поиска и силы воображения человека. Впрочем, не всё так просто. К примеру, серию Дэна Флавина «Памятники Владимиру Татлина», которую он осуществлял в течение 26 лет с 1964 по 1990 годы (создано 39 памятников), используя лампы того формата, которые легче купить, нужно читать не только как оммаж русскому авангардисту и его утопическому проекту памятника III Интернационала. «Дело художника – познавать мир и создавать образцы возможного, а не единственно возможное», - говорил Татлин. «Эти памятники существуют лишь до тех пор, пока не перегорит лампочка», - говорит в конце XX века Флавин, указывая на зависимость существования искусства от характера производства его материального медиума (лампочка становится онтологическим пределом и местом пересечения различных технологий современного мира), от срока эксплуатации медиума, от обновления его эстетической оболочки. Сегодня татлинский



монумент легко выстраивается с помощью компьютерной графики в самом центре Москвы, как это можно найти в документальном фильме Майкла Крэга о русском архитектурном авангарде, но вопрос, не будет ли он здесь «памятником новым технологиям» и какой-то уже другой историей [1, 855].

Безусловно, то, что принято называть «модернизмом» (и его производными как «модернизация») отмечало курс на изменение наших поведенческих стратегий и способов восприятия вещей, он во многом содержал в себе отклик на научно-технический прогресс. Другое дело, что технологии здесь не определяли всю сумму ответов и мыслились, скорее, утопически, как вестники будущего, в котором будут разрешены все проблемы человека. За сто лет мир совершил огромный рывок в такое будущее, которым оказалось не просто управлять, человечество этому только учится. У той же культуры появились новые ускорители, информационные двигатели – компьютеры, которые, как кажется, навсегда вырывают нас из эры индустриального производства и забрасывают в эру транснационального корпоративного капитализма. Мир, где «всё-в-одном», если и не производит уже ощущения скомканного и запыхавшегося, то всё же вызывает множество вопросов по тому, как устроена (и как могла бы быть устроена) его информационная экономика, должна ли она сопровождаться повсеместной цифровизацией, чем это оборачивается для знания и чем здесь оказываются наука, философия, искусство, повседневность, не ведёт ли увеличение информационного поля к блокировке выбора, когда невозможно вычленив достоверную информацию, важную для жизни человека, и т.д.

Разрыв между старым и новым не исключает их противоречивого единства, история учит, что научно-технические достижения и ускорения в новое сопровождаются регрессом в примитивный тип культурного кодирования, что уже в начале XX века философы и писатели отмечали как варваризацию поведения, деградацию культурных навыков, утрату культурой своего морального статуса, оглушение масс и т.п.

Новый виток технологического развития, тем не менее, всё более зависит от наличия предсказуемых и управляемых систем, в которые включены по умолчанию и людские массы, и лаборатории учёных. Как заметит ещё в середине XX века Мак-Люэн, человек всё более превращается в «половые органы мира машин, позволяющими ему оплодотворяться и эволюционировать в новые формы» [3, 155]. Киберкультура подтвердит эти ощущения канадского теоретика и потребует искусственного интеллекта, готового встраивать тело в технические порядки реальности через ампутацию плоти, здесь мы находим мышление, способное вынести приговор миллионам жителей Земли, если это будет способствовать оптимизации системы. Противоречивый процесс соединения прогресса и регресса можно наблюдать в поле действия различного рода информационных мемов, и в поиске иммунитета против заражения ими, и в обсуждении инновационных технологий, которому, окажется небезразлично, какое тело у надежды на бессмертие, будет ли оно результатом действия на клеточном уровне «наномашин», или полностью механической формой жизни.



Если вернуться к вопросу о восприятии, то, как известно, в построении перцептивного образа традиционно участвуют такие виды восприятия как визуальное, аудиальное, осязательное (тактильное), вкусовое, обонятельное. Процессы памяти, мышления, воображения позволяют усложнять образ реальности, создают привычки, отвечающие за стабилизацию связываемых с ним значений. Новый образ социального действия закрепляется либо положительным образом, через повторение опыта, либо негативным способом в режиме чрезвычайных обстоятельств. Мир киберкультуры ориентируется и на то, и на это, предлагая человеку блуждать в мире новых определений и предложений, в мире множественностей. Отказываясь от патриархального дерева в пользу ризоматической структуры, организация нового мира привлекает пользователя доступом к самым разным возможностям виртуальной жизни, но зачастую и сбивает с толку наличием альтернативы.

Использование искусственного разума для ускоренного сбора и уточнения данных, моделирование параллельных процессов жизнедеятельности, позволяющих распределять управление и умножать соединения, в числе новых навыков, которым обучает новая реальность. При этом новые изобретения создают и последствия, которые могут не видеть разработчики и которые приходится учиться предотвращать, или хотя бы контролировать уже на ходу. Среди таковых изобретений следует упомянуть возникновение массового потребительского рынка для новых медиатехнологий, которые в лице тех же компьютерных игр формируют у пользователя наркотическую зависимость от доступных здесь эскапистских удовольствий и способов самоутверждения, которые, как заметит Эрик Дэвис, комиксам и ТВ-шоу не дано переиграть [2, 289]. ID-практики формируют «истину» вторичного мира, техномифа, из которого человек как всё ещё духовное существо, вполне возможно, и не захочет выходить, либо выход окажется уже затруднительным. А это уже задача для нового осмысления ситуации и комплексного реагирования, которое подразумевает более тесное сотрудничество специалистов разного профиля, совершенствование методов «игры в бисер» в исследовании реальности, выработку гибкой системы безопасности, на деле конкретных ограничений пользователя, что на выходе могло бы предотвращать дурные последствия, реализуя положительные возможности новых технических систем.

### Литература

1. Вайнгурт, Юлия. Владимир Татлин: культура материала //Формальный метод. Антология русского модернизма. Том III. Технологии/ под ред. С.А.Ушакова. – Екатеринбург; Москва: Кабинетный учёный, 2016. С.851-874.
2. Дэвис, Эрик. ТЕХНОГНОЗИС: мир, магия и мистицизм в информационную эпоху. – Екатеринбург: Ультра. Культура, 2008. – 480 с.
3. Дэри, Марк. Скорость убегания: киберкультура на рубеже веков. – Екатеринбург: Ультра. Культура; М.: АСТ, 2008. – 478 с.



4. Ушакин, Сергей. «Не взлетевшие самолёты мечты»: о поколении формального метода // Формальный метод. Антология русского модернизма. Том I. Системы / под ред. С.А.Ушакова. – Екатеринбург; Москва: Кабинетный учёный, 2016. С. 9-60.

А.А. Гагаев<sup>1</sup>, П. А. Гагаев<sup>2</sup>

РУССКАЯ ЭТНОКУЛЬТУРНАЯ МОДЕЛЬ МЫШЛЕНИЯ.  
ТРОИЧНАЯ ИНФОРМАТИКА Н. П. БРУСЕНЦОВА.  
ТРОИЧНАЯ МОДЕЛЬ ЧИСЛА

<sup>1</sup>Мордовский государственный университет,  
<sup>2</sup>Пензенский государственный университет)

**Аннотация.** Модель русского открывающего и изобретающего человека: этноформа космологического принципа: мир прост и сложен, одного и разного рода, самосогласован и несамосогласован, системен и уникален, абсолютен и изменяется в модели общей и локальной законосообразности; модели вероятностного мышления А. Н. Колмогорова и А. А. Маркова; троичная модель информатики и истины Н. П. Брусенцова; эмпирические обобщения первого рода (Д. И. Менделеев); неевклидовы модели пространства-времени (Н. Лобачевский); космология А. А. Фридмана. Универсальная и локальная законосообразность; синтез лингвистики, философии и логики, физики и математики; методологические коллективизм, локализм, индивидуализма, уникализм, личное знание; система вывода и умозаключения от следствий к основаниям в системе субстратной рефлексии и космо-психо-логоса; антиномичный тип логики; дедукция, индукция и традукция и субдукция и едукция, продукция, совместимость, выводимость, следование. Система алетической и деонтической логики в моделях форм вероятности и в теории естественной, этнической, восстановительной справедливости.

**Ключевые слова.** Этнокультурная русская форма мышления, Н. Лобачевский, Н. А. Васильев, Д. И. Менделеев, А. Н. Колмогоров, А. А. Марков, Н. П. Брусенцов, А. А. Фридман.

**Введение.** Любые универсальные общенаучные методы имеют антропологическим основанием личность этнического открывающего и изобретающего человека, мыслящего в этничном языке и этническом КПЛ, этнической форме научного мышления, этническом наборе логик мышления и онтологий. Согласно Жоресу Алферову, наука делается следующим образом: физик наблюдает и открывает, математик обосновывает, инженер конструирует, токарь вытачивает деталь, а философ осуществляет демагогию и устраняет понимание. Де Бройль заметил, что открытия и изобретения он делает на французском литературном языке, а обосновывает в языке математики и физики (контекст открытия и контекст обоснования). Сочетание



этих условий и создало тип научной культуры, который и стимулировал масштаб и число открытий и изобретений. Де Бройль понимает творчество открытия и изобретения в указанном высказывании иначе. 1). Во французском литературном языке создается уникальный синтаксический и полный многологичный образ движения природы и объекта, схватывается образ волновой функции (контекст открытия). 2). В этнической философии именно Р. Декарта он видит выделенным образом природу и волновой процесс в первых принципах и типе законосообразности (контекст открытия). 3) В языке логики понимает взаимодействие сущностей природы, ее абстрактной структуры и наблюдаемых параметров (контекст понимания). 4). В объектном языке физики фиксирует физическую сущность, особенная структура, функции (контекст открытия). 5) В языке математики ее обосновывают (контекст обоснования) [Бройль, 1962: с. 327]. Ullmo J. отмечает, что Л. де Бройль использует наглядную математику, то есть физические инварианты и принцип наблюдаемости определяют форму математики, но не математика определяет физику как у А. Эйнштейна и П. Дирака. Английская математическая традиция П. Дирака предполагает не наглядность, а манипулирование некоммутативными алгебрами в теории кватернионов (ирландский момент мышления У. Р. Гамильтона [Ullmo, 1958: p.130]. Существует именно русская форма научного мышления, которая хорошо представлена в моделях науки Н. Лобачевского, Н. Васильева, Д. И. Менделеева, А. Н. Колмогорова, А. А. Маркова, Н. П. Брусенцова, А. А. Фридмана.

1. Западные рефлексивно-функциональные языки предполагают двоичное кодирование информации. Кодирование информации в русском эссенциальном языке и логике не двоичное, а троичное. Это модель кодирования информации Н. П. Брусенцова. Н. П. Брусенцов обосновывает не двоичную (высокое напряжение, низкое напряжение, 1 и 0), а троичную природу аристотелевской логики, значения истины: истина (да), ложь (нет), среднее - привходящее (возможное). На основе этой логики Н. П. Брусенцов обосновывает ограниченности двоичной информатики и создает основы троичной информатики, предполагающей не биты, а триты, значения истины; «+» (необходимость), «0» (возможности, которые не необходимы), «-» (не возможность). Им создается четырехтритный код «+-0+ и соответствующий язык информатики, на основе которого построена троичная компьютерная система «Сетунь-70», которая успешно решала соответствующие задачи [Брусенцов, 1965]. Главное преимущество троичного программирования, полагает Н. П. Брусенцов, состоит в том, что возможно создание натурального естественного кода чисел со знаком, что в двоичном счислении невозможно, и оно требует искусственных конструкций. Возрастает быстрота вычислений, но возрастает и энергоемкость системы.

2. Исследования биологов показали, что клетки памяти кодируют информацию в трехчленном коде, а не двоичном. Исследования японских ученых показали возможность использовать сверхпроводящий переход Джозефсона для реализации троичной логики в конструировании компьютеров



на квантовой основе. Это достигается за счет циркуляции сверхпроводящих токов - положительных (по часовой стрелке), отрицательных (против часовой стрелки), нулевых.

3. Троичный подход в логике реализуется и в русском образе математики в теории троичной модели числа. Существует троичная модель числа, фиксирующая источник числа, число и операции над числом (отношение числа к ..) (Бунин В. А., Комаров В. М., Костюченко С. В.) [Бунин, 1967; Комаров; 1979; Кудрин, 2019]. Данная модель числа - онтологическая локальная модель числа, соответствующего локальной вещественности, пространству-времени, как это имеет место в квантовой механике, возможному в этой локальности типу операций и возможном субъекте операций с его этноличной логикой, который тождественен локальной вещественности и не является ее частью. Модель локального числа реализована и в квантовой механике (Г. Вейль).

4. Г. Шипов отмечает, что в современной физической теории (например, теории струн) 95% математики и 5% физики, а философии и логики вообще нет. В норме должно быть 20% философии и логики, 50% физики, 30% математики. Реально в философии 10% - этноязык, а 10% - логика и философия. Российской информатике, если она хочет быть первой в мире, предстоит перейти на троичное кодирование информации. Развитие же информатики невозможно без философии, логики, предполагая разрешение проблемы антиномий в основаниях математики, имея в виду в случае информатики противоречия передачи управления, присвоения, цикла, базового класса в объектно-ориентированном программировании, парадокс изобретателя и т. п.

5. Модель русского открывающего и изобретающего человека: 1. Этноформа космологического принципа: мир прост и сложен, одного и разного рода, самосогласован и не самосогласован, системен и уникален, абсолютен и изменяется в модели общей и локальной законосообразности; 2. Понятие объекта и предмета науки - объект одного и разного рода, а не одного рода; 3.1. Система субстратной рефлексии, определяющей рефлексии феноменологическую, атрибутивную, функциональную, структурную в системе космо-психо-логоса и его параметров; 3.2. Рефлексивная модель истины, троичная система истины и антиномичная система истины; 3.3. Модели вероятностного мышления А.Н. Колмогорова и А.А. Маркова; 3. 4. Троичная модель информатики; 3. 5. Естественные классификационные фрагменты тождественные структуре естественной законосообразности (Д. И. Менделеев); 3. 6. Логика вопросов и ответов; 3.7. Система гипотетического мышления и мыслительного эксперимента; 3.8. Восходящее и нисходящее проектирование и конструирование машин; 4. 1. Неевклидовы модели пространства-времени (Н. Лобачевский); 4. 2. Система естественной законосообразности материи. Космология А. А. Фридмана. Универсальная и локальная законосообразность; 4. 3. Факторы открытий и изобретений; 5. 1. 1. Синтез номинализма, реализма, концептуализма; 5. 1. 2. Синтез философии и логики, физики и математики; 5. 1. 3. Методологические коллективизм, локализм, индивидуализма, уникализм, личное знание; 5. 2. 1. Система вывода и умозаключения от следствий к



основаниям в системе субстратной рефлексии и космо-психо-логоса; 5. 2. 2. Антиномичный тип логики. Антиномичность на стороне субъекта и предиката; 5. 2. 3. Синтез форм мышления тюрков (всеобщность и условно-категорические умозаключения), ирано-алан (логика вопросов и методологический уникализм), угро-финнов, (субдукция и едукция, продукция), евразийцев (совместимость, выводимость, следование), славян (антиномизм); 5. 3. Система алетической и деонтической логики в моделях форм вероятности и в теории естественной, этнической, восстановительной справедливости; 5.4. Синтез логик открытия и изобретения в системе субстратной рефлексии, система логик открытия и изобретения; 5. 5. Система понимания и силлогизм действия (четвертая фигура силлогизма). Открытия и изобретения держатся этнознанием, знание и этнознание держится этническим воспитанием и образованием, воспитание и образование держатся этномоделью благоустройства страны (нет разрушенных кирпичей), этноблагоустройство страны держится этномоделью истины и справедливости, а этноистина и справедливость встречаются и приходят из этнической, а не вообще, философии. Где аккумуляция и рецепция и нет этничности - нет развития, смерть, а где этническая философия, логика и риторика - там есть развитие и жизнь. В этой культуре в истории ни один параметр не исчезает, но все они флуктуируют, обеспечивая взаимодействие, гармонию и развитие.

Заключение. Вероятно, модели значений истины в этномоделях наук различны. В частности, в русской модели истины предполагается троичность значения истины, числа в науке.

### Литература

1. Бройль Л. де. По тропам науки. - М.: Изд-во иностранной литературы, 1962. - 498 с.
2. Брусенцов Н.П. Опыт разработки троичной вычислительной машины // Вестник Московского университета. Сер. 1: математика, механика, 1965. № 2, с. 39-48.
3. Бунин В. А. Сверхстепень как новое математическое действие для описания физических процессов. Сб. Математическая физика. Электродинамика. История физики. - М., 1967.
4. Комаров В. М. Введение в исчисление действий // Академия тринитаризма, М., Эл. № 77-6567, пул. 17256. 20. 01. 2012.
5. Кудрин В. Б. К истории переосмысления понятия числа и действия // Академия тринитаризма, М., Эл. № 77-6567, пул. 25727. 11. 09. 2019.
6. Ullmo J. La pens



## «ЦИФРОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ»: МИФ ИЛИ РЕАЛЬНОСТЬ?

(Самарский университет)

Термин «цифровое поколение» используется сегодня достаточно широко как в популярной, так и в научной литературе. «Поколение Z» (Strauss, Howe, 1991), «iGen» (Twenge, 2017), «цифровые аборигены», «*homosapiensdigital*», «*digitalnatives*» (Prensky, 2001), «дети процессора», «дети-планшетники» - все эти словосочетания используются сегодня для обозначения поколения людей, прошедших социализацию в условиях цифрового пространства т.е. социальной среды, обусловленной повсеместным распространением цифровых технологий. Данные термины чаще принадлежат к области популярного знания, размыты, нередко используются некритично и без понимания стоящей за ними методологии.

Родоначальниками современной теории поколений являются Нэйл Хоу и Уильям Штраусс. В 1991 г. в книге «Поколения: история американского будущего, 1584 – 2069» (N.Howe, W.Strauss) они впервые сформулировали основные идеи своей концепции поколений, которые легли в основу, как их собственных интерпретаций, так и работ других исследователей. Согласно теории, поведение человека зависит от того, в каких условиях он жил и воспитывался до 12-14 лет [1]. Поколенческие ценности являются глубинными, подсознательными, не носят явно выраженной формы, в том числе для самих представителей поколений, но при этом определяют формирование личности, оказывают влияние на жизнь, деятельность и поведение людей.

Рассмотрим различные перечни «мифов» о современных молодых людях «цифрового поколения», представленные в отечественных и зарубежных источниках - как претендующих на научность, так и сугубо популярного характера:

- в плане когнитивного развития – клиповость мышления, фрагментарный характер осваиваемых знаний, поверхностность восприятия информации, неустойчивость процессов внимания (Павлова, 2007; Шпитцер, 2014), «интеллектуальный серфинг» вместо системной интеллектуальной работы (Карр, 2012), делегирование решения личных задач разнообразным «интеллектуальным устройствам» (девайсам, гаджетам) (Тхостов, Емелин, 2010), ограниченность лексики, смешение реального и виртуального пространств («плавающая картина мира»), многозадачность (способность к параллельной обработке разных потоков информации), потеря или снижение способности к системному и углубленному познанию, к критическому мышлению и индуктивному анализу (Курбатов, 2013; Шпитцер, 2014). Следствием недозагруженности работой соответствующих мозговых структур является замедление роста нейронной ткани и снижение нейропластичности



головного мозга, редукция многих его способностей, связанных с памятью, ориентированием, концентрацией внимания, углублением, пониманием [2];

- в плане эмоционально-волевого развития – бедность сенсорного опыта, упрощенная картина реальности, восприятие реальной жизни как «слишком скучной» и «слишком медленной», нетерпеливость и потребность в немедленном вознаграждении, неспособность к систематическому упорному труду, избыточное применение цифровых технологий усиливает тревожные и депрессивные состояния, возрастают суицидальные настроения (Twenge, 2017);

- в плане социального развития – ослабление социальных связей (Twenge, 2012), перенос общения в виртуальное пространство приводит к снижению эмпатии и социального интеллекта, повышение субъективного чувства одиночества [3], неготовность к кооперации, предпочтение «горизонтального» (партнерского) типа отношений «вертикальному» (иерархическому), открытость к межкультурному общению;

- в плане личностном и ценно-смысловом – ориентация на удовольствие (гедонизм), гиперпрагматизм, инфантилизм (дисбаланс между продвинутым интеллектуальным и отстающим социальным и личностным развитием), индивидуализм, уверенность в своей неповторимости и уникальности, стремление к самовыражению, смутные и неустойчивые морально-этические представления [4].

В рамках психологических исследований большинство таких «мифов» не подтверждаются или подтверждаются частично. Несмотря на специфический характер социальных процессов в разных странах, большинство «мифов» о молодежи носят кросс-культурный характер. Исследования также не позволяют говорить о выраженной специфике «цифрового поколения» по крайней мере в том, что касается общепсихологических свойств и качеств современной молодежи [5]. «Цифровое поколение» является внутренне неоднородным в силу объективных психологических причин, а к его характеристикам будет примешиваться возрастная специфика, которую необходимо учитывать при оценке и интерпретации исследований. Также важно помнить, что значительная часть представителей этого поколения еще не достигли взрослого возраста, их развитие еще продолжается. Поэтому говорить о том, какими будут их предпочтения, привычки, когнитивные возможности и нравственные ориентиры в зрелом возрасте, еще преждевременно, равно как и методологически неверно сравнивать их с взрослыми представителями предыдущего поколения без учета еще продолжающегося развития [6].

### Литература

1. Howe N., Strauss W. Generations: The History of Americas Future. 1584 to 2069. N.Y.: Quill William Morrow, 1991. 544 p.
2. Грекова А.А. Особенности мышления представителей "цифрового поколения" // Вестник ЮУрГУ. Серия: Психология. 2019. №1. С. 28-29.



3. Мифы о «поколении Z» / Н. В. Богачева, Е. В. Сивак; Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Институт образования. — М.: НИУ ВШЭ, 2019. С. 33.

4. Дидактическая концепция цифрового профессионального образования и обучения / П. Н. Биленко, В. И. Блинов, М. В. Дулинов, Е. Ю. Есенина, А. М. Кондаков, И. С. Сергеев; под науч. ред. В. И. Блинова – М.: Изд. «Перо», 2019. С. 20, 22.

5. Там же. С. 38.

6. Нечаев В.Д., Дурнева Е.Е. «Цифровое поколение»: психолого-педагогическое исследование проблемы // Педагогика. 2016. №1. С. 36-45.

Е.С. Головина

## НЕОБХОДИМЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ОПАСНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ

(Самарский университет)

### Введение

С развитием цифровизации и автоматизации всё большее количество процессов переходит в цифровую среду. Ученые и промышленники стараются переложить всё более сложные задачи на плечи машин, в том числе частично передавая «ключевые точки принятия решений». Широко распространена практика внедрения систем автоматизированного управления различных уровней, позволяющих выполнять очень большой спектр действий в пределах заданных диапазонов и в рамках поставленных задач. Таким образом, системы управления действуют в рамках процессов в одном заданном качественном состоянии.

В рамках исследования под «итоговой точкой принятия решения» понимается такая точка процесса, после которой изменяется качественное состояние управляемой системы или системы, на которую она воздействует (например, остановка производства, запуск ядерной ракеты, отключение пациента от системы жизнеобеспечения). В конечном итоге в ряде случаев от принятия решения в такой итоговой точке зависит жизнь человека, группы людей или всего человечества. В сферах повышенной ответственности и опасности – нефтепереработка, химическая промышленность, врачебные дисциплины и прочее – итоговая точка принятия решения так и не передана машине. Корни этого решения видятся не в простом опасении или невозможности создать программу управления таким образом, чтобы она учитывала все бесконечное разнообразие факторов, но в наличии значимых и трудно прогнозируемых рисков.

В статье вводится определение кибернетики четвертого рода и рассматривается ряд методологических и философских предпосылок,



обусловливающих необходимость установления ограничений для метасубъектов при развитии кибернетики четвертого рода, дается обзор вариантов ограничений, которые требуется учитывать при разработке современных киберфизических систем.

Рассматривается вопрос построения философско-этических принципов работы киберфизических систем. Учитывается, что решение человека напрямую связано с его этическими особенностями, в то время как перенос таких ограничений в киберфизическую систему связан с рядом сложностей.

### **Кибернетика четвертого порядка и ограничения к ней**

В.Е. Лепский ввел понятие кибернетики третьего порядка, характеризующейся базовой парадигмой «субъект – метасубъект (саморазвивающаяся полисубъектная среда)» [1], «в которой объект и система управления сливаются в единое целое в саморазвивающейся рефлексивно-активной среде». Значительное количество разработок, касающихся современных систем управления производствами, могут быть отнесены к кибернетике третьего порядка. Наряду с этим продолжается обсуждение и попытки разработки сложных систем, «на плечи» которых планируется переложить ответственность за принятие решений более серьезного характера – «итоговых точек принятия решений». Продолжая рассуждения В.Е. Лепского касательно парадигм и философских оснований становления кибернетики третьего порядка, можно ввести понятие кибернетики четвертого порядка, когда взаимодействие идет между метасубъектами, а процесс саморазвития среды дополняется функцией целеполагания. В научном сообществе данный вопрос так или иначе обсуждается, в том числе в свете трансформации жизненного мира человека в «киберумвельт» - смешанный жизненный мир физически-цифровой или киберфизической действительности [2].

Под киберфизическими системами в общем смысле понимают такие системы, которые соединяют физические процессы производства или иные процессы, требующие практической реализации непрерывного управления в режиме реального времени, с программно-электронными системами [3, 4]. Киберфизическая система кибернетики третьего порядка имеет своей задачей удержать систему в заданном состоянии или перевести систему в требуемое состояние. При этом целевое состояние системы задается человеком. В концепции кибернетики четвертого рода система «принимает решение», в какое состояние ей необходимо перейти. Это подразумевает, что система формирует свою «мета-цель», и здесь возникает вопрос – насколько данное решение формируется человеком, а насколько – самой системой через призму построений с опосредованным влиянием человека?

Проблему принятия ключевых решений киберфизической системой следует рассматривать с позиции целеполагания: цель, стоящая перед человеком при развитии цифровизации – максимизация помощи человеку, «техника как исполнение человеческих целей посредством оформления задач» [2]. Передача ключевых решений машине подразумевает замену целей человека



целеполаганием машины: человек строит «между собой и Природой цепь из звеньев, в которой каждое последующее звено будет как усилитель Разума более мощным, чем предыдущее», оставляя первичное целеполагание за человеческим разумом [3]. Целеполагание машины может быть понимаемо лишь в том объеме, который ей дал в качестве установок человек, оставляя за скобками «личностное, скрытое знание, неразрывно связанное с субъектами, их порождающими» [4]. Однако при передаче функции принятия решений киберфизической системе, она превращается из объекта в субъект, а учитывая интегративные тенденции, принятые ей решения и совершаемые действия, могут затрагивать фактически каждого индивида [5].

### **«Эксклюзивные» точки принятия решения**

Наличие функции целеполагания в киберфизической системе подразумевает, в том числе, что система может «выбрать» движение не по назначенной заранее программе действий, но и перейти к изменению этой программы в зависимости от факторов и внешних воздействий, получаемых системой извне. Алгоритмы действия системы или программы наиболее полно отражает граф или дерево решений, чья степень сложности вложенности может быть значительной. Однако на языке алгоритма возможность системы принять решение, выходящее за пределы допустимого, может быть отражена следующим образом: в схеме появляется действие, которое переводит систему в состояние поиска другого перечня действий, отличных от описанных в основной программе.

Условно можно разделить весь объем решений, принимаемых системой, на два блока: инклюзивные (включенные в группу чего-либо) и эксклюзивные (ведущие к исключению). Данные термины восходят к латыни и буквально обозначают «включать» и «исключать». Смыслы данных слов не просто антонимичны, каждое из них шло по собственному пути развития, у «эксклюзива» появилось значение единичности, неповторимости, поскольку оно обозначает нечто такое, что нельзя включить в общую массу, поэтому оно отсюда исключено. В этом плане слово «инклюзив» не является антонимом, оно не означает нечто среднее или распространенное, не противопоставляется единичному. Эксклюзивное решение требуется тогда, когда происходит аварийная, опасная или нестандартная ситуация. Фактически такое решение может закончить деятельность данной системы, то есть оно находится вне заданий системы (программы). По аналогии с авиационной терминологией, эксклюзивное решение можно сравнить с «точкой невозврата». Последствия включения в систему эксклюзивных решений могут быть необратимы.

Решения, последствия которых могут носить правовой или этический характер, так же следует считать эксклюзивными. Проблема ответственности автономных и интеллектуальных технологий в научных исследованиях получила название «мораль-машина» [2, 7]. При этом следует понимать, что в процессе разработки киберфизических систем программист может в явном виде не закладывать подобные возможности системы, однако отсутствие



ограничений на определенные параметры могут привести к подобным последствиям. Например, система жизнеобеспечения не запрограммирована на отключение пациента от аппарата, однако она может установить объем подаваемого воздуха в легкие пациента равным нулю, тем самым лишив его жизни. Аналогично, система управления технологическим процессом производства может иметь возможность нарушить процесс, тем самым спровоцировать аварию. Ряд аналогий можно продолжать бесконечно, но все эти случаи объединяет одно – последствия принятия решения системой носят правовой или этический характер. Во всех рассматриваемых случаях встает вопрос выставления претензии системе, что по современным меркам абсурдно, поскольку за решение системы ответственность может нести либо разработчик, либо пользователь — в любом случае, субъект технического сознания [8]. Здесь можно прийти к доведенной до абсурда ситуации, описанной в одноактной пьесе С. Лема «Существуете ли вы, мистер Джонс?», в которой в гипертрофированной форме указывается на правовой вакуум [9], существующий и по сей день, связанный с развитием цифровизации и роботизации.

Подобного рода ограничения и проверки должны выполняться для киберфизических систем, применяемых на опасных производствах: добыча, транспортировка и переработка нефти и газа, атомная промышленность, химическая промышленность и прочее. Конкретный алгоритм действий при проверке еще предстоит разработать, если предположить, что он в принципе возможен в обобщенном, сводном формате. Автор предполагает, что подобное требование по контролю автоматизированных систем должен взять на себя регулятор в виде государственных или подвластных правительству структур.

Принципиально иную проблематику дает проектирование автоматизированных систем, изначально связанных с необходимостью взаимодействовать и воздействовать на живых существ. В первую очередь это связано с системами, разрабатываемыми в военной отрасли, сфере медицины (в части автоматизированного проведения операций, разработки роботизированных имплантатов и пр.), то есть во всех сферах, связанных с применением «автопилотов» в той или иной степени. Изначальная цель создания подобного рода систем уже предполагает использование некоторых этических норм в качестве предпосылок, что ведет к ответственному принятию решения системой. Хотя сами по себе этические предпосылки, заложенные в основу таких систем, находятся вне зоны рассмотрения настоящей статьи, необходимо понимать, что в полном объеме, во всеобъемлющем понимании человеком этики, реализация этих предпосылок в системах не возможна. Проблема при реализации может крыться в каждой точке процесса принятия решения: начиная от собственно распознавания аварийной ситуации [10, 11, 12] и заканчивая решениями по применимым реакциям [13, 14]. При применении подобных киберфизических систем прогнозируется снижение влияния человеческого фактора в процессе их функционирования, однако нужно понимать, что человеческий фактор при этом



остается в самом ядре системы, заложенный его разработчиком с учетом его этических норм и представлений. Ярким и доступным примером демонстрации подобного явления может служить рассказ С. Лема «Ананке», описывающий факт передачи психического заболевания от разработчика машине и его катастрофические последствия.

По аналогии с ранее описанными предложениями такие системы также могут быть подвергнуты анализу и тестированию на предмет наличия эксклюзивных решений и решений, приводящих к последствиям, незапланированным изначальной этической установкой. Современные киберфизические системы, особенно основанные на технологиях многослойных нейросетей, не могут быть подвергнуты анализу в явном виде, поскольку система в таком случае играет роль «черного ящика», преобразующего сигналы на входе в некоторое решение на выходе. Для подобных систем следует разработать по аналогии с автомобильной промышленностью «краш-тест», в результате которого можно было бы определить, как будет поступать система в граничных условиях. Весьма желательно, чтобы эти краш-тесты проходили в лабораторных условиях, до передачи в промышленное или массовое использование.

### **Заключение**

Повсеместная цифровизация промышленности вызывает ряд вопросов и опасений, связанных с передачей киберфизическим системам функций принятия решений, которые могут впоследствии привести к катастрофе или аварии. Человечество не должно останавливать прогресс, однако необходимо понимать и оценивать риски новых технологий.

В научно-фантастической литературе многократно были описаны примеры эксклюзивных (в терминологии статьи) решений, приводящих к трагедиям различных масштабов. Это вполне логично и ожидаемо, поскольку писатель-фантаст не ограничен необходимостью описания существующих реалий. Как показывает практика, многие подобные вымыслы находят воплощение в жизни.

Научное сообщество, не имея в значительной степени готовых работающих систем, не имеет предмета обсуждения. Большинство научных статей, затрагивающих аналогичные вопросы, только указывают на необходимость проработки проблем, связанных с расширением применения автоматизированных средств управления, не давая конкретных рекомендаций [5, 6, 7, 14]. Аналогичные противоречия и ограничения встают и перед автором настоящей статьи.

В данной статье описаны предпосылки к созданию проекта по разработке системы ограничений для метасубъектов кибернетики четвертого рода при проектировании киберфизических систем, которые имеют возможность принимать решения в итоговых точках (в терминологии статьи). Предлагается продолжение обсуждения научным сообществам ограничений для



метасубъектов кибернетики четвертого рода, а также вынесение данного вопроса на уровень государственного регулирования.

### Литература

- 1) Лепский В.Е. Философско-методологические основания становления кибернетики третьего порядка / Философские науки, №10: 2018 — с.7-28.
2. Чеклецов В.В. Философские и социо-антропологические проблемы конвергентного развития киберфизических систем (блокчейн, Интернет вещей, искусственный интеллект) / Философские проблемы информационных технологий и киберпространства, №1: 2016.
  1. Куприяновский Д.Е. Киберфизические системы как основа цифровой экономики / В.П. Куприяновский, Д.Е. Намиот, С.А. Синягов / International Journal of Open Information Technologies, Т.4, №2: 2016 – с.18-24.
    1. Wolf W. Cyber-physical systems / Computer, №3, 2009 – с.88-89.
    - Дессауэр Ф. Спор о технике /перев. Нестеров А.Ю. Самара: Издательство Самарской гуманитарной академии, 2017 - с. 266.
    1. Лем С. Сумма технологии.
    1. Проблема виртуального бессмертия в электронной культуре. Лепский, В.Е. 2018 г., Институт философии РАН, стр. 170-184.
    2. Нестеров А.Ю. Вопрос о сущности техники в рамках семиотического подхода / Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. Т.14, №1: 2015 - с. 235-246.
    3. Андреева О.И. Технологии распознавания лиц в уголовном судопроизводстве: проблема оснований правового регулирования использования искусственного интеллекта / Андреева О.И., Иванов В.В., Нестеров А.Ю., Трубникова Т.В. / Вестник Томского государственного университета №449: 2019 - с.201-212.
    4. Слободская А.В. Этические проблемы робототехники / Евразийский Союз Ученых (ЕСУ), №7: 2014.
    5. Куксин И.Н. "Цифровая революция": правовые и этические проблемы / Куксин И.Н., Мархгейм М.В. 2019.
    6. Пономаренко Г.С. Об этических проблемах современной робототехники / Политехнический молодежный журнал: 2016 - с. 4.
    7. Камалетдинов Дамир. Сбивший американку насмерть самоуправляемый Uber «не знал», что люди могут оказаться на дороге без перехода / Tjournal.ru 9.11.2019 <https://tjournal.ru/tech/124873-sbivshiy-amerikanku-nasmert-samoupravlyaemyu-uber-ne-znal-chto-lyudi-mogut-okazatsya-na-doroge-bez-perehoda>.
    8. Иран признал, что сбил украинский "боинг". Его приняли за крылатую ракету / bbc.com 11.01.2020 <https://www.bbc.com/russian/news-51073468>.
    9. Реннел Тони. 26 сентября 1983 года. День, когда едва не погиб наш мир. / Иносми.ру: 2007 <https://inosmi.ru/inrussia/20071229/238739.html>.



10. E. Awad. The Moral Machine experiment / E. Awad, S. Dsouza, R. Kim, J. Schulz, J. Henrich / Nature: 2018 (563) — с.59-64.
11. Грунвальд А. Беспилотный автомобиль в свете социальной оценки техники / А. Грунвальд, В.Н. Железняк, Е.В. Середкина / Технологос, №2 Пермь: 2019.

И.В. Демин

## ВЛАДИМИР ВЕРНАДСКИЙ И ЛЕВ ЛОПАТИН: СПОР О НАУЧНОМ МИРОВОЗЗРЕНИИ

(Самарский университет)

В философских дискуссиях первой четверти XX вв. вопрос о «научном мировоззрении» ставился и решался в контексте обсуждения более общей и фундаментальной проблемы – соотношения метафизики и позитивных наук.

Выражение «научное мировоззрение» вошло в язык русской философии и публицистики примерно в то же время, когда стал широко использоваться термин «мировоззрение» (и его понятийные аналоги – «миросозерцание», «мировидение», «миросознание»), представляющий собой, как известно, кальку с немецкого *Weltanschauung*. Понятие «мировоззрение» впервые появляется у немецких романтиков в начале XVIII в. Широкое распространение этот термин получает в конце XIX – начале XX вв. благодаря работам Г. Риккерта, В. Дильтея, М. Шелера, К. Ясперса и некоторых других философов. В таких направлениях, как неокантианство, философия жизни, экзистенциализм, «мировоззрение» становится одной из центральных категорией и приоритетной темой философских изысканий<sup>4</sup>.

Вопросы о сущности и специфике научного познания, месте науки (естествознания) в жизни культуры и судьбе цивилизации, соотношении науки и религии, границах и опасностях «сциентизма» обсуждались русскими философами на протяжении всей второй половины XIX века, однако отправной точкой философских споров вокруг понятия «научное мировоззрение» стала статья В.И. Вернадского, впервые опубликованная в журнале «Вопросы философии и психологии» в 1902 г.<sup>5</sup>

Трактовка науки, философии и «научного мировоззрения» в статье Вернадского в значительной мере обусловлена явной или скрытой полемикой с *позитивизмом*. Эта трактовка может быть сформулирована в следующих тезисах.

---

<sup>4</sup> Подробнее см.: Демин И. В. Мировоззрение гуманизма и гуманизм мировоззрения // Свобода совести и диктатура миросозерцания: история взаимоотношений и современные реалии. – Орёл: Картуш, 2016. – С. 88-101.

<sup>5</sup> Вернадский В. И. О научном мировоззрении // Вопросы философии и психологии. – 1902. – № 65. – С. 1409-1465.



1. «Научное мировоззрение» не является целостной, логически непротиворечивой системой знания, законченной (хотя бы и в относительном смысле) картиной мироздания. «Научное мировоззрение» – скорее *конгломерат* исторически сложившихся представлений, нежели логически упорядоченная *системная целостность*. «Само научное мировоззрение не есть что-нибудь законченное, ясное, готовое; оно достигалось человеком постепенно, долгим и трудным путем. В разные исторические эпохи оно было различно»<sup>6</sup>.

2. «Научное мировоззрение», будучи неоднородным по своему фактическому составу, не противостоит философскому и религиозному способам миропонимания. Исторический прогресс научного знания не означает *вытеснения* таких форм постижения мира, как религия и философия (метафизика). Научное мировоззрение, как описывает его Вернадский, не может быть чем-то самодовлеющим, отделённым от всей остальной духовной культуры, оно тесно переплетено с религией, философией, искусством. «Все эти стороны человеческой души необходимы для ее (науки – И.Д.) развития, являются той питательной средой, откуда она черпает силы, той атмосферой, в которой идет научная деятельность»<sup>7</sup>.

3. Будучи исторически изменяющимся комплексом представлений, гипотез, идей, несущим на себе отпечаток общей атмосферы эпохи, «научное мировоззрение» имеет своего рода «твёрдое ядро». Неизменным и инвариантным в научном мировоззрении разных эпох является, согласно Вернадскому, научный метод и особое отношение учёного к своему предмету. Подчёркивая неразрывную связь науки с религией, метафизикой и искусством и утверждая *вненаучное* происхождение важнейших категорий науки, Вернадский замечает, что все они «удержались в ней только потому, что выдержали пробу научного метода»<sup>8</sup>. В *методе и отношении к предмету* Вернадский усматривает то начало, которое конституирует «научное мировоззрение» в качестве относительно устойчивой исторической целостности. Научный метод, как отмечает Вернадский, «не есть всегда орудие, которым строится научное мировоззрение, но это есть всегда то орудие, которым оно *проверяется*»<sup>9</sup> (курсив мой – И.Д.).

Характеризуя «научное мировоззрение» в целом, Вернадский приводит такую формулировку: «представление о явлениях, доступных научному изучению, которое дается наукой»<sup>10</sup>. Фактически данное определение сводится к следующему: научное мировоззрение есть то, что люди, именующие себя учёными, признают в качестве научного мировоззрения. Иного,

---

<sup>6</sup> Вернадский В. И. О научном мировоззрении // Вернадский В. И. Научная мысль как планетное явление. – М.: Наука, 1991. – С. 197.

<sup>7</sup> Там же. С. 209.

<sup>8</sup> Там же. С. 203.

<sup>9</sup> Там же.

<sup>10</sup> Там же. С. 202.



содержательного, нетавтологического определения научного мировоззрения в статье Вернадского мы не находим.

Разберём центральный вопрос – чем является философия (метафизика) по отношению к научному познанию и «научному мировоззрению» в концепции Вернадского? Общий ответ можно сформулировать так: метафизика является *питательной средой*, генерирующей идеи и понятия, в том числе и полезные для науки *фикции*, которые в свою очередь служат *строительными лесами* научного поиска. Тем самым осуществляется частичная «реабилитация» философии, обосновывается, вопреки господствовавшей в начале XX века позитивистской схеме, её концептуальная значимость для развития научного познания.

Несмотря на критику позитивизма как *философской* концепции и частичную «реабилитацию» метафизики, Вернадский в своей трактовке науки и «научного мировоззрения», в значительной степени остаётся в плену позитивистской схемы развития научного познания. Само понятие философии (метафизики) берётся им в том же значении, в котором его использовали Конт и Спенсер, а именно в значении спекулятивного построения, имеющего по преимуществу субъективное значение.

Зависимость Вернадского от позитивистских схем была отмечена в статьях Льва Михайловича Лопатина. Философская концепция Лопатина и в общем виде<sup>11</sup>, и в отдельных её аспектах уже рассматривалась в исследовательской литературе. Остановимся лишь на тех её положениях, которые имеют непосредственное отношение к проблеме научного мировоззрения.

Лопатин соглашается с Вернадским в его оценке роли умозрительных элементов в составе научного мировоззрения, однако радикально расходится с ним в трактовке сущности философского знания.

Оба философа придерживались той точки зрения, что «научное мировоззрение» не слагается из одних бесспорных данных специальных наук, что оно неоднородно по своему составу, поскольку, наряду с собственно научными, включает и вненаучные компоненты. Данная установка, имеющая ярко выраженную *антипозитивистскую* направленность, Лопатиным проводится даже с большей последовательностью, нежели Вернадским.

Лопатин, как и Вернадский, исходит из того, что положения умозрительного характера неустранимы из научного мировоззрения, и следовательно, философия, которая занимается осмыслением такого рода положений, никогда не будет вытеснена «позитивными науками». Лопатин прямо утверждает, что *все* принципиальные положения, характерные для «научного мирозерцания», первоначально были положениями *метафизических систем*: «Задолго прежде, чем стать научными положениями, они уже имели широкое

---

<sup>11</sup> См.: Павлов А.Т. Один из лучших философских писателей в России // Вестник Московского университета. – Серия 7: Философия. – 2008. – № 3. – С. 96-110.



распространение в качестве тезисов метафизических систем»<sup>12</sup>. Именно с этим их метафизическим происхождением Лопатин связывает присущую им видимость *абсолютных утверждений*<sup>13</sup>. Эмпирическим путём невозможно проверить или опровергнуть *абсолютного* характера тех или иных принципов научного миропонимания. Метафизические категории, составляющие основу и каркас научного мировоззрения, не подлежат суду опыта.

Вернадский и Лопатин, давая в целом сходное описание «научного мировоззрения», расходятся в трактовке и решении ключевого вопроса – о соотношении философии и науки. Сформулируем основные различия.

1. Вернадский исходит из того, что любые умозрительные положения, входящие в состав научного мировоззрения, должны проверяться с помощью научного метода. У Лопатина же умозрительные положения, входящие в состав «научного мировоззрения», рассматриваются как результат философского (и *только* философского) мышления, никакие опытные данные не могут служить основанием для их окончательного принятия или отвержения.

2. Если Вернадский усматривает в философии лишь *один из* источников научного мировоззрения, то Лопатин прямо выводит *все* основополагающие положения и понятия научной картины мира из метафизических теорий. Наиболее фундаментальные положения, разделяемые научным мировоззрением той или иной эпохи, вырабатываются не в рамках позитивных наук, но приходят в науку *извне*, а именно из области метафизики.

3. Вернадский разделяет позитивистский тезис о том, что объективное и общезначимое знание может быть получено *только* в рамках научного познания, тогда как Лопатин посредством экспликации «аксиом философии» («естественных верований разума») стремится показать *возможность* общезначимых аподиктических положений в области метафизики, умозрительного мышления (критерием истинности аксиом философии является не эмпирический метод, но немыслимость иного, противоположного).

4. Вернадский и Лопатин по-разному определяют место философии в контексте научного познания. Для Вернадского философия есть питательная среда, в которой вызревают смелые умозрительные гипотезы, часто опережающие развитие специальных наук. В конечном счёте, философия имеет дело с *тем же самым* предметом, что и частные науки, хотя она и рассматривает этот предмет в особом ракурсе. Лопатин же исходит из того, что философия имеет дело с задачами, неразрешимыми эмпирическими средствами, он усматривает назначение философии в обосновании, разъяснении и критическом оправдании умозрительных предпосылок, на которые опирается научное познание и научное мировоззрение.

Лопатин критикует предложенную Вернадским трактовку соотношения философии и науки на том основании, что в ней обнаруживаются непреодоленные элементы позитивизма, однако само противопоставления «метафизики» и «позитивизма» Лопатин оставляет в неизменном виде.

---

<sup>12</sup> Лопатин Л. М. Аксиомы философии. Избранные статьи. – М.: РОССПЭН, 1996. С. 259.

<sup>13</sup> Там же.



### Литература

1. Вернадский В. И. О научном мировоззрении // Вернадский В. И. Научная мысль как планетное явление. – М.: Наука, 1991. – С. 191-234.
2. Вернадский В. И. О научном мировоззрении // Вопросы философии и психологии. – 1902. – № 65. – С. 1409-1465.
3. Демин И. В. Мировоззрение гуманизма и гуманизм мировоззрения // Свобода совести и диктатура мирозерцания: история взаимоотношений и современные реалии. – Орёл: Картуш, 2016. – С. 88-101.
4. Лопатин Л. М. Аксиомы философии. Избранные статьи. – М.: РОССПЭН, 1996. – 560 с.
5. Павлов А.Т. Один из лучших философских писателей в России // Вестник Московского университета. – Серия 7: Философия. – 2008. – № 3. – С. 96-110.

А.И. Демина, А.Ю. Нестеров

### СЕМИОТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ ПОНЯТИЯ ТВОРЧЕСТВА<sup>14</sup> (Самарский университет)

Понятие творчества является одной из тех базовых философских категорий, дефиниция которых создаёт проблему, поскольку они, с одной стороны, кажутся очевидными, с другой, представляют собой сложное комплексное явление, которое может быть рассмотрено с позиций разных философских и научных дисциплин. Установка современного общества на креативность, вкупе с непрерывно увеличивающимися темпами научно-технического прогресса, делают актуальным прояснение содержания и объема понятия творчества. Современное состояние исследования проблематики творчества в отечественной философии отражено в ежегодниках Института философии РАН «Философия творчества» [11; 12; 13; 14; 15], которые демонстрируют широкий набор методологических подходов и тематических ракурсов проблемы. Как философская категория творчество изучается с позиций онтологии, теории познания, теории культуры, философии науки, философии техники, теории деятельности.

Специфика изучения проблематики творчества заключается также в том, что она создает ситуацию, в которой предмет и методология исследования пересекаются. Во-первых, само предметное поле творчества стремится к предельному расширению, выдвигая на передний план задачу определения границ, отделения творчества от не-творчества. Во-вторых, если мы попытаемся дать рабочее определение творчеству, обобщая весь доступный нам массив исследований, то оно сведется к «деятельности по созданию

---

<sup>14</sup>Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-011-00462 А



нового». Деятельность, по определению М.С. Кагана, является «активностью субъекта, направленной на объекты или на других субъектов» [2, с. 43], и включает в себя в том числе познание, которое, будучи деятельностью по производству нового знания, таким образом, входит в предметное поле категории творчества.

Наиболее разработанными на настоящий момент являются эпистемологические, психологические и теоретико-культурные аспекты творчества. В течение XX века и до сегодняшнего дня большое внимание уделяется исследованию научного (см., например, [3; 9]), художественного (см., например, [16]) и технического творчества, на котором мы остановимся подробнее. Техническое творчество становится предметом изучения философии техники на рубеже XIX – XX веков, и практически сразу в ней намечаются две тенденции понимания собственного предмета: так называемые «распредмеченная» и «опредмеченная» [10]. На наш взгляд, более перспективной оказывается первая, согласно которой техника рассматривается как деятельность, и на втором шаге ее понятие расширяется до творческой деятельности в целом. Пионером подобного подхода является отечественный ученый П.К. Энгельмейер, построивший на примере изучения технической деятельности общую теорию творчества [17]. Базовой методологией творчества у Энгельмейера становится теория «трёхакта», согласно которой любой творческий процесс проходит три стадии: идеи/замысла, конструкции/плана/схемы, воплощения/исполнения. Наиболее полное развитие и глубокое онтологическое обоснование данная теория получила у немецкого классика философии техники Фридриха Дессауэра, в его концепциях «четвёртого царства» и трех «формообразующих сил» человека (Homo Investigator, Homo Inventor, Homo Faber) [1]. Именно теория техники, понятой как творческая деятельность в целом, может быть положена в основу семиотического подхода к творчеству.

Семиотическая теория творчества, предложенная А.Ю. Нестеровым [4; 5; 6; 7; 8], исходит из понятия семиотического круга, включающего рецептивную и проективную части. Рецепция и проекция соотносятся с терминами П.К. Энгельмейера «субъективирующая» и «объективирующая деятельность» («под субъективирующей деятельностью мы разумеем такую, которую человек приспособливает свое «я» к внешним условиям. Наоборот, объективирующей мы называем такую деятельность, при которой внешние условия, окружающее, приспособляются к требованиям нашего «я»» [17, с. 18-19]). Творчество определяется как проективный семиозис. Трёхакт Энгельмейера понимается как обращение кантианской схемы познания: идея/замысел есть продукт разума, конструкция/схема – продукт рассудка, возникающий вследствие воплощения материальный объект – продукт чувственного восприятия. Каждая ступень рецепции и проекции имеет три измерения семиозиса: прагматическое, синтаксическое и семантическое.

В собственном смысле «новое», входящее в человеческую жизнь в деятельностном творческом акте, представляет собой трансформацию того или



иного правила семиозиса на уровне идеи, конструкции или же материального воплощения. В семиозисе после Ч.С. Пирса выделяют прагматическое, синтаксическое и семантическое правило. Тезис, который мы выносим на обсуждение, заключается в следующем: минимальная структура акта порождения нового включает в себя три ступени, каждая из которых определяется собственным прагматическим правилом, синтаксическим правилом и семантическим правилом. Новое как таковое представляет собой изменение, связанное с ростом или редукцией сложности либо прагматического, либо синтаксического, либо семантического измерения семиозиса.

На уровне идеи (разума, *intellectus*) прагматическое правило проективного семиозиса есть навык интуиции, пересборки имеющегося опыта, его трансформация влечёт наиболее существенные изменения для содержания и форм деятельности; синтаксическое правило – это способ комбинирования идей, мыслей или пропозиций в виде индукции, дедукции или абдукции (ретродукции), его трансформация приводит, как правило, к новой догадке или гипотезе; семантическое правило – это способ выражения идей, его пластичность позволяет возникнуть новому в виде озарения, прозрения, образа, фантазма, - того, что в техническом творчестве обозначается в качестве «изобретения».

На уровне конструкции (рассудка, *ratio*) прагматическое правило проективного семиозиса есть навык употребления логико-грамматических схем или языков для выражения изобретения, его трансформация подразумевает экстенсивное расширение знаковой системы относительно среды, сдвиг границ выразимого. Синтаксическое правило – это способ построения (образования и преобразования) предложений и текстов в среде рассудка, его трансформация связана с увеличением известного количества правил комбинирования элементов, влекущего новые смыслы. Семантическое правило – это связывание в акте референции синтаксических мест (смыслов) и объектов; как правило, создание нового смысла влечёт появление нового конструктивного значения.

На уровне исполнения прагматическое правило проективного семиозиса есть навык обращения с физическими предметами, «техне» в исходном значении этого термина, его трансформация подразумевает новые умения. Синтаксическое правило проективного семиозиса – это правило следования (причинения) в физически детерминированном универсуме, новое здесь представляет собой создание новых технологий как новых «технических объектов во времени». Семантическое правило – это правило, позволяющее из следования получать новые физически воспринимаемые объекты, трансформация этого правила умножает число артефактов.

Семиотический метод анализа творчества является строгим аналитическим методом. Его применение позволяет разделять полный и неполный технические объекты, выявлять типы и виды неопределённости в проективной – технической и художественной – деятельности, формулировать ясную дистинкцию изобретения и вымысла, разделять узко-инструментальное и



рефлексивное определения техники, находить количественные параметры прогресса в процессах материально не выраженной рефлексии.

### Литература

1. Дессауэр Ф. Спор о технике / перевод с нем. А.Ю. Нестерова. Самара: Издательство Самарской гуманитарной академии, 2017. 266 с.
2. Каган М.С. Человеческая деятельность. (Опыт системного анализа). М.: Политиздат, 1974. 328 с.
3. Научное творчество. Под ред. С.Р. Микулинского, М.Г. Ярошевского. М.: Наука, 1969.
4. Нестеров А.Ю. Границы технического сознания: немислимое vs. невозможное // Гуманитарный вектор. 2017. Т. 12. №3. С. 60-66.
5. Нестеров А.Ю. Исполнение в семиотике техники // Гуманитарный вектор. 2018. Т. 13. №3. С. 111-118.
6. Нестеров А.Ю. Семиотические основания техники и технического сознания: монография. Самара: Издательство Самарской гуманитарной академии, 2017. 155 с.
7. Нестеров А.Ю., Демина А.И. Категории «значение» и «изобретение» в контексте семиотики техники // Вестник Томского государственного университета. Философия. Социология. Политология. 2019. № 49. С. 42-50.
8. Нестеров А.Ю., Демина А.И. Понятие изобретения в семиотике техники // Проблемы управления и моделирования в сложных системах Труды XXI Международной конференции. В 2-х томах. Под редакцией С.А. Никитова, Д.Е. Быкова, С.Ю. Боровика, Ю.Э. Плешивцевой. 2019. С. 479-482.
9. Проблемы научного творчества в современной психологии. М., 1971.
10. Розин В.М. Философия техники // Новая философская энциклопедия. URL:  
<https://iphlib.ru/library?el=&a=d&c=newphilenc&d=&rl=1&href=http:%2f%2f3225.html> (дата обращения 7.04.20)
11. Философия творчества. Ежегодник / РАН. ИФ. Сектор философских проблем творчества. Ред. кол.: Смирнова Н.М., гл. ред. и др. М., 2016. Выпуск 2, 2016: Когнитивные и социокультурные измерения / Ред. Смирнова Н.М., Майданов А.С. М.: ИИнтелЛ, 2016. 314 с.
12. Философия творчества. Ежегодник / РАН. ИФ. Сектор философских проблем творчества. Ред. кол.: Смирнова Н.М. гл.ред., Бескова И.А., Майданов А.С., Горелов А.А., Моркина Ю.С., Ярославцева Е.И. М., 2017. Выпуск 3, 2017: Творчество и жизненный мир человека / Ред.: Смирнова Н.М., Бескова И.А. М.: ИИнтелЛ, 2017. 382 с.
13. Философия творчества. Ежегодник / РАН. ИФ. Сектор философских проблем творчества. Ред. кол.: Смирнова Н.М. гл. ред., Бескова И.А., Майданов А.С., Горелов А.А., Моркина Ю.С., Ярославцева Е.И. М., 2018. Выпуск 4, 2018: Лики творчества в многообразии социокультурных практик / Ред.: Смирнова Н.М., Бескова И.А. М.: ИИнтелЛ, 2018. 422 с.



14. Философия творчества. Ежегодник. Вып. 5, 2019: Смысловые измерения социокультурных пространств творчества / Ред.: Н.М. Смирнова, И.А. Бескова. М.: ИИнтелЛ, 2019. 264 с.

15. Философия творчества: материалы Всероссийской научной конференции, 8-9 апреля 2015 г., Институт философии РАН, г. Москва / Под ред. Н.М. Смирновой, А.Ю. Алексеева. М.: ИИнтелЛ, 2015. 476 с.

16. Художественное творчество. Вопросы комплексного изучения / Под ред. Б. С. Мейлаха. М., 1983.

17. Энгельмейер П.К. Теория творчества. М.: Книжный дом «Либроком», 2010. 208 с.

Н.С. Джелмач

## ВОЗРАСТНАЯ ПЕРИОДИЗАЦИЯ В СОВРЕМЕННОЙ ФИЛОСОФИИ ВОЗРАСТА

(Самарский университет)

Философские исследования возраста – одно быстро развивающихся направлений философской антропологии. Его дальнейшее развитие предполагает продумывание концептуальных оснований, определяющих общую логику и структуру новой дисциплины. Одним из главных вопросов в рамках решения этой задачи, является вопрос о возрастной периодизации. На сегодняшний день нет общепринятой классификации возрастных периодов развития человека. Существует несколько возрастных периодизаций, в основу которых положены разные критерии. Цель данной работы: рассмотреть, какие существуют подходы к возрастной периодизации в современной отечественной философии, и выявить критерии, лежащие в их основе.

М. С. Каган, предложил возрастную периодизацию, в основе которой лежит структура деятельности, формирующая потребности, способности и умения человека. Такой подход можно назвать культурно-деятельным. В соответствии с ним жизнь человека состоит из этапов овладения, создания и передачи культурных ценностей следующим поколениям. В младенчестве (до 3-х лет) ведущей и единственной доступной деятельностью является общение. В период детства обычное общение перерастает в художественное, так как сознание ребёнка формируется через художественно-игровую самодеятельность. В отрочестве ведущей становится познавательная деятельность. В юности, начало которой знаменует половое созревание, на первый план выходит ценностно-ориентационная деятельность; именно в этом возрасте появляется необходимость формирования собственного мировоззрения. В зрелости, которая наступает после завершения периода ученичества, человек становится творцом культуры. Старость наступает, когда человек утрачивает продуктивность. Ведущей деятельностью вновь становится



общение, цель которого – передача последующим поколениям культурных ценностей и жизненного опыта [1, с. 301].

Таким образом, критериями возрастной периодизации по Кагану являются те культурные роли (функции), которые реализуются человеком в его деятельности. Степень его взрослости определяется уровнем освоения культурных ценностей и способности самостоятельно творить культурные ценности.

Подход С.А. Смирнова к возрастной периодизации можно обозначить как культурно-онтологический. В понимании Смирнова культурное развитие обозначает сложное, комплексное представление о достижении субъектом «определенной степени развитости, сформированной определенными культурными качествами, точнее, «культурных органов», позволяющих ему быть субъектом развития, т.е. задавать и удерживать метафизические, экзистенциальные вопросы» [5, с. 39]. По ходу формирования человека он переживает определенные этапы, которые обозначаются как культурные возрасты, показывающие, в какой мере сформирована структура личности. Таким образом, культурный возраст – «это полнота «культурных форм», освоенных субъектом и ставших частью его личности» [5, с. 40]. С.А. Смирнов полагает, что культурный возраст есть понятие культурное, не натуральное, его невозможно измерить по аналогии с хронологическим, биологическим, психологическим, социальным возрастными. Культурную форму нельзя зафиксировать как готовую сформированную способность. В этом смысле культурный возраст – это не стадия, а обозначение определенного «режима жизни», уникального и специфического для каждого.

В основе возрастной периодизации Смирнова лежат понятия «детство» и «взрослость» а также отношение между ними. Детство понимается как состояние человека, не прошедшего акты культурного развития. Взрослость, в свою очередь, это культурная состоятельность. Таким образом, взрослым Смирнов считает человека, который имеет опыт культурного развития. Под взрослением понимается процесс овладения культурой. На этом пути выделяется пять этапов на основе базовых вопросов: «что это?», «как это называется?», «как это выглядит?», «что с этим можно сделать?», «что за этим стоит?» [5, с. 65-67]. Пройдя путь и ответив на все вышеназванные вопросы, человек пытается собрать их в нечто целое, чем он и занимается в последнем из возрастов, достигая полноты реализации в культуре, полноты бытия. Таким образом, главными критериями возрастной периодизации Смирнова является освоение культурных ценностей, определяющее бытие человека в культурной среде.

Гносеологический подход к возрастной периодизации представлен в работе Е. В. Косиловой «Философия возраста. Взаимосвязь экзистенциального и познавательного взросления человека». Основанием здесь является познавательное и деятельное отношение человека к миру. Жизнь человека Е. В. Косилова делит на два этапа: на период познавательной несамостоятельности и на период познавательной самостоятельности. На этапе познавательной



несамостоятельности формируются интеллектуальные структуры, происходит накопление человеком знаний о мире и осваивание различных жизненных сред. Познавательная самостоятельность связана с обучением, в процессе которого познавательная деятельность находится под чужим контролем или влиянием [2, с. 9-13].

В возрасте познавательной самостоятельности когнитивные способности снижаются, новые жизненные среды почти не осваиваются. Зато человек обретает возможность самостоятельно мыслить и опознавать результаты своего интеллектуального труда, не оглядываясь на авторитеты. Косилова предполагает, что познавательная самостоятельность начинается в 40 лет, хотя это утверждение остается не обоснованным. Автор оставляет открытым вопрос и об окончании возраста познавательной самостоятельности [2, с. 13].

Стоит также отметить, что гносеологическая периодизация Косиловой не является всеобъемлющей. Гносеологическая зрелость не обязательно влечёт за собой зрелость психологическую культурную или социальную. Таким образом, главными критериями гносеологической периодизации Косиловой являются степень познавательной самостоятельности и возможность осваивать новые среды.

Феноменологический подход основан на темпоральной структуре экзистенции. Критерии возрастной периодизации заключаются в изменениях размерности временных горизонтов. В возрастной периодизации В. И. Красикова темпоральная структура экзистенции базируется на динамическом балансе воображения, памяти и рефлексии. По Красикову для молодости характерно доминирование воображения над памятью. Зрелость определяет равновесие прошлого и будущего, а в старости опыт и рассудок превалируют над воображением [3, с. 9-18]. Особенностью данной периодизации является отсутствие границы между детством и молодостью

С.А. Лишаевым возрастная периодизация рассматривается в горизонте герменевтической феноменологии. Основой возрастной периодизации становится соотношение ситуативного и надситуативного времени, где на ситуативном уровне время подчинено текущим обстоятельствам, а на надситуативном уровне единство прошлого, настоящего и будущего выходит за пределы текущей ситуации и расширяет горизонты экзистенциального времени до масштабов жизни как целого [4, с. 69-70].

Возрастная периодизация С. А. Лишаева делится на несколько уровней. На первом уровне выделяется два возраста: детство и взрослость. Критерием их различия является наличие или отсутствие надситуативного (биографического) уровня временения экзистенции. На втором уровне происходит выделение возрастных периодов уже внутри детства и взрослости. Внутривозрастная периодизация детства определяется этапами освоения ситуативного формата временения. Критерием выделения возрастных этапов взрослости служит неравенство временных моментов экзистирования. Наиболее протяженное в тот или иной период жизни надситуативное время, доминирующее над двумя другими временами, определяет собой возрастную



расположенность человека в целом. В молодости это будущее, в зрелости – настоящее, в старости – прошлое. При этом каждый из трех взрослых возрастов может и даже предполагает деление на внутренние периоды.

В рамках феноменологического подхода главным критерием в возрастной периодизации является внутреннее осознание времени и его воздействие на человека, которое и определяет его возраст.

Фрактальный подход представлен в статье М. Н. Эпштейна «К философии возраста: Фрактальность жизни и периодическая таблица возрастов». Автор предлагает свою периодическую таблицу возрастов, основанную на пятичленной схеме: детство, отрочество, молодость, зрелость, старость.

Категории возраста – это не только определенный период человеческой жизни, но и определенная фаза в становлении каждого периода. У каждого из пяти периодов есть своё детство, отрочество, молодость, зрелость и старость. Старость каждого возрастного периода сменяется детством следующего периода. Согласно авторской концепции «горизонтальные» возрасты (детство, отрочество, молодость, зрелость, старость) делятся на такое же количество «вертикальных» под возрастов [6].

Однако структура возрастной периодизации, предложенная М. Эпштейном, остается схематичной, формальной. Последовательная сменяемость возрастов и подвозрастов предусматривает линейность человеческой жизни, тогда как Эпштейн её отрицает. С его точки зрения возрасты могут не только сменяться, но сосуществовать в человеке. В каждый момент жизни человек состоит из всех своих возрастов, подобно тому, как каждый возраст воспроизводит всю возрастную структуру, содержит ее в себе. Таким образом, человек может сам выбирать свой возраст. Он может с точностью проходить все возрастные этапы или остаться в каком-нибудь одном возрасте или «переключаться» из одного психологического возраста в другой по своему желанию.

Таким образом, в современной философской литературе даётся несколько вариантов возрастной периодизации, в основание которых положены разные критерии. Так в культурно-деятельной периодизации возраст определяется исходя из деятельной доминанты и культурных функций, которые выполняет человек. При гносеологическом подходе на первый план выходит познавательная самостоятельность. Феноменологический подход основывается темпоральной структуре экзистенции, которая определяет временную доминанту, в соответствии с которой и определяется возраст. Фрактальная периодизация делает акцент на обратимости (нелинейности) возрастной структуры, поскольку она касается «психологического возраста». Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что вопрос о возрастной периодизации в современной отечественной философии рассматривается с разных концептуальных позиций, в рамках которых предпринимаются попытки конституировать возраст как особую область философской антропологии.



### Литература

6. Каган М. С. Философия культуры. / Акад.гуманитар. наук; СПб. гуманитар. ун-т профсоюзов; СПб. гос. ун-т. - СПб.: Петрополис, 1996. - 415 с.
7. Косилова Е. В. Философия возраста: Взаимосвязь эмоционального и познавательного взросления человека. – М.: ЛЕНАНД, 2014. - 160 с.
8. Красиков В. И. Синдром существования. – Томск, 2002. – 256 с.
9. Лишаев С. А. О критериях возрастной периодизации (материалы к философии возраста) // Вестник Ленинградского государственного университета им. А. С. Пушкина. Санкт-Петербург, 2015, №4, С. 66–76.
10. Смирнов С.А. Культурный возраст человека. Философское введение в психологию развития. Новосибирск: Офсет, 2001. – 261 с.
11. Эпштейн М. Н. К философии возраста: Фрактальность жизни и периодическая таблица возрастов // Звезда. 2006. № 4 [Электронный ресурс]URL:<http://magazines.russ.ru/zvezda/2006/4/ep12.html> (дата обращения: 09.04. 2020).

С.Г. Казанцева

## ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОЙ ВИЗУАЛЬНОЙ КОММУНИКАЦИИ В ПОВСЕДНЕВНОМ ПРОСТРАНСТВЕ ЧЕЛОВЕКА

(Самарский университет)

Тема повседневности в современной российской науке продолжает вызывать повышенный интерес. Историки, социологи, культурологи, философы и многие другие ученые так или иначе изучают повседневную, обыденную жизнь людей. И это не случайно. Ценность исследований быта заключается в том, что эта сфера предстает как непосредственное социальное бытие человека. «Категория повседневного включает: во-первых, событийную сферу публичной повседневной жизни, прежде всего, мелкие частные события, пути приспособления людей к событиям внешнего мира; во-вторых, обстоятельства частной домашней жизни; в-третьих, эмоциональную сторону событий и явлений, бытовых обстоятельств. Повседневность — это обыденная естественная среда человека, включающая весь спектр его личностных предпочтений». [1] Поскольку любые действия в повседневном мире всегда так или иначе совершаются в контакте с другими людьми, постольку мир повседневности является миром общения, хотя в повседневности могут совершаться и трудовые акты, и акты духовного творчества и т.д. [2, 185]

Современные средства массовой коммуникации предоставляют человеку возможности общаться с людьми разных национальностей, проживающих в любой точке мира, причем, можно использовать любой способ общения: аудио, видео, текстовый. Такие возможности породили новые культурные формы взаимодействия людей в повседневной жизни. Интернет становится средством глобальной коммуникации, его популярность и доступность формирует новую



сферу информационного взаимодействия, таких как: блог, чаты, различные форумы, скайп, телеконференции, социальные сети, электронная почта и многое другое.

Все большую роль в современном Интернет общении играет зрительный образ. Визуализированный образ — это благодатная почва для построения многих коммуникативных стратегий: создания рекламных сообщений, PR-акций, маркетинговых ходов и повседневных манипуляций. Но надо иметь в виду, что визуальный и визуализированный образы - несколько разнятся по своей природе. Первый — изначально в своей основе имеет картинку, автономную по своей сущности. В самой картинке заключена информация, направленная на восприятие глазом. Второй,... намеренно создан для передачи информации определенного содержания.[8, 146] Это продуктивный способ воздействия на условного, но массового собеседника «по ту сторону экрана».[7, 32]

Основная часть повседневной жизни видима, наблюдаема, а поэтому может быть представлена с помощью визуальных технических средств: фотографии, видео и пр. Очень активно «картинкой» пользуется блогинг. Сейчас в повседневной жизни он становится все более популярным у людей разного возраста, образования, профессии. Блогинг — это процесс ведения блога и его постоянного обновления. Блогом называют некий электронный журнал или, как его еще называют, «онлайн-дневник» человека, организации или какого-либо сообщества, который постоянно обновляется. Владельца и автора блога, соответственно, называют «блогером». Блог чаще всего носит новостной или повседневно-информативный характер. Блоги представляют каждому человеку огромное количество разных «посланий», среди которых он может выбрать те, которые отвечают его предпочтениям, и таким образом в этой информационной сети создаются виртуальные локальные сообщества по интересам. Важное значение в блоге имеет визуализированное содержание, дизайн, расположение материалов, их мультимедийная обработка. Обычно этим занимается сам блогер, но нередко он приглашает специалистов из разных сфер, например: программиста, дизайнера, верстальщика, копирайтера, автора или идеолога.

Сегодня многие серьезные издания располагают собственными блог-платформами либо создают на своих сайтах ленты блогов, экспортируя записи с других блогахостингов. Растущая популярность блогов привлекает рекламодателей, которые начинают активно продвигать в блогосфере свои товары и услуги. Но в то же время блогинг можно рассматривать как разновидность дневника, чьи авторы затрагивают в своих «постах» важные общественно-значимые проблемы, или выставляют на публику моменты из своей личной жизни. Блогеры, используя визуализированный текст в виртуальном пространстве ориентируются на разнообразные вкусы публики, формируя тем самым определенные качественные параметры массовой культуры, такие как, например, демократичность и популяризация. Блогинг иллюстрирует собой новый способ постижения мира, основной симптом



которого — впечатление визуальной перегруженности, нового субъекта видения, нового читателя, окруженного огромным числом новых визуальных образов, которые вплетены в повседневность. Человек XXI века - человек, реагирующий на картинку и проглатывающий ее как готовую пищу. [7, 33]

У блогинга, как способа повседневной коммуникации можно выделить еще одну особенность. Она связана с оффлайн взаимодействием, которое предполагает предварительное создание сообщения (или с помощью видео, фото средств или с помощью текста). После размещения сообщения в сети, пользователи, читатели, зрители могут реагировать на сообщение, оставляя комментарии. В таком способе взаимодействия отсутствует интеракция (т.е. взаимодействие между людьми в форме непосредственного контакта). Это характерно также для всех видов медиа, связанных с машинным производством, а это книги, журналы, газеты, фотография, разнообразные продукты электронного копирования, вроде театральных представлений, выставок, концертов, фильмов, распространяющихся с помощью Интернет-ресурсов и дисков. Как пишет Н. Луман, – «...решающее значение имеет то, что между отправителем и адресатами не может состояться непосредственная интеракция. Интеракция исключена благодаря посредничеству техники, и это имеет далеко идущие последствия»[4, 10], которые Луман обозначает, как утрату субъективного начала коммуникации. Расширяя пространство коммуникации, технологии жертвуют той позицией личности, когда она предстает субъектом, а не объектом. Поэтому вопрос об интеракции приобретает не только коммуникативный, но и социальный смысл. Лишившаяся интеракции коммуникация в современном обществе стала основой манипуляции, все более нарастающей в современной политической и социальной машине.

Таким образом, Интернет-коммуникация в силу исключения прямой интеракции представляет собой односторонний канал распространения информации, который соблазнительно легко контролировать, превращая в мощный ресурс манипулятивного воздействия, и, соответственно, вместо гражданского общества мы получаем инфантильное и потребительски настроенное массовое общество. Многие исследователи отмечают эту особенность современной коммуникации, подчеркивая, что современное пространство публичного зрелища носит вовсе не демократический, а, так сказать, плебейский характер: оно предназначено для тех, кто по определению ничего не решает, и, соответственно, даже высмеивание и жесткая критика служат не тому, чтобы вовлечь публику в обсуждение насущных проблем, а чтобы отвлекать и развлекать массовую силу. [3, 195] Низовое пародирование и разоблачение просто позволяет недовольным «выпустить пар» без особенно рискованных последствий. Другой стороной все той же проблемы является тенденция подмены публично значимого знания простым обнаружением приватной жизни публичных и не очень публичных персон, что является эффектом общей установки культуры потребления на развлекательный характер информации. [3, 195]И блогинг — самый удачный способ развлечения



с «привкусом» значимости и экспертного суждения. Визуальный ряд, сопровождающий блог также играет немаловажную роль. Ведь зрительный образ всегда вызывает доверие, ощущение истинности информации. Как сильно ошибаются подписчики! Современная техника позволяет искусно врать даже «в фотографии», что называется «не верь глазам своим». Тем не менее, аудитория доверяет блогерам, а социальные сети прекрасно работают в качестве альтернативного источника новостей, создавая свою повестку дня и вирулентным образом распространяя свидетельства очевидцев разного рода резонансных происшествий, что ставит под сомнение официальную версию событий. [5, 8] В этом тоже проявляется особенная черта данного способа коммуникации. В итоге «сетевое высказывание» поддерживает не столько фигуру эксперта, сколько дилетанта, полного сверхценных идей, у которого просто по поводу всего уже есть готовое мнение [3, 196], причем многое из того, что мы видим, уже подготовлено образами, полученными нашим сознанием через медийную сферу. Это приводит к поверхностному получению информации, распространению так называемого мозаичного мышления, как писал В.Розанов «скользящую смесь разнородных сведений о всем на свете и со всех концов света». [6, 100]

Таким образом, визуальная коммуникация в повседневном пространстве человека определяется спецификой современной культуры, элементами которой являются: информационная мобильность, мозаичный характер информации, смещение современных способов восприятия от вербальных в сторону визуальных, образных. В Интернет-пространстве в основном образы конструируют и формируют наше постижение мира. Феномен визуальности сегодня становится одним из базовых аспектов существования повседневной культуры. Визуальность рождает новую социальную реальность, являясь существенным фактором как повседневной коммуникации, так и социального опыта.

### Литература

1. Зайцева, И.А. Эстетика бытовых деталей и мелочей в пространстве повседневной культуры [Электронный ресурс] / И.А. Зайцева // Креативная экономика и социальные новации. - 2012. - № 2. - С.69-74. - Режим доступа: <https://readera.ru/14238934>.
2. Конев, В.А. Социальная философия [Текст]: учеб. пособие / В.А. Конев. – Самара: Изд-во Самарский университет, 2007. – 394 с.
3. Корецкая, М.А. Режим публичности: политический контекст и культурные условия [Текст] // Модернизация культуры: порядки и метаморфозы коммуникации: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. в 2 ч. / М. Корецкая; под ред. С.В. Соловьевой, В.И. Ионесова, Л.М. Артамоновой. – Самара: Самар. гос. ин-т культуры, 2016. – Ч. I. – 464 с.
4. Луман, Н. Реальность массмедиа [Текст] / Н. Луман; пер. с нем. А. Ю. Антоновского. — Москва: Праксис, 2005. — 256 с.



5. Митрофанова, А. Субъект в сетях: реполитизация субъективности и деполитизация идентичности [Текст] // Медиафилософия VII. Медиареальность субъекта / А. Митрофанова; под ред. В.В. Савчука, М.А. Степанова. – Санкт-Петербург: Изд-во Санкт-Петербург. философ. о-ва, 2011. – С. 7-25.

6. Розанов, В.В. Сумерки просвещения [Текст] / В.В. Розанов. - Москва: Педагогика, 1990. - 624 с.

7. Симбирцева, Н.А. Визуальное в современной культуре [Электронный ресурс] / Н.А. Симбирцева // Электронный научный журнал «Человек в мире культуры. Региональные культурологические исследования». - 2012. № 1. - С.31-34. - Режим доступа:

[http://journals.uspu.ru/attachments/article/88/Ch\\_1\\_2012\\_5.pdf](http://journals.uspu.ru/attachments/article/88/Ch_1_2012_5.pdf)

8. Симбирцева, Н.А. Fashion-фотография как визуальная репрезентация [Электронный ресурс] / Н.А. Симбирцева // Научно-методический электронный журнал «Концепт». - 2013. - Т.4. - С.146-150. - Режим доступа: <https://e-koncept.ru/2013/64030.htm>

Е.Е. Лучникова

## ЭМОЦИОНАЛЬНОЕ ВОСПРИЯТИЕ ЛЮДЕЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

(Томский государственный архитектурно-строительный университет)

Люди теперь регулярно взаимодействуют со сложными машинами и программами. Некоторые рекомендуют, кому назначать свидания, продвигать, нанимать или утверждать кредит, в то время как другие контролируют наши автомобили, финансы, безопасность дома или расписание. Возможности искусственного интеллекта (ИИ) варьируются в зависимости от базовых алгоритмов, процедур обучения и данных обучения, однако в реальном смысле природа этих способностей столь же очевидна, как и их вычислительная эвристика. То, что раньше было ошеломляющим интеллектуальным подвигом - игра в шахматы, поиск в Интернете и разговорная речь - кажется обычным делом, когда-то освоенным компьютерными системами. Могут ли системы искусственного интеллекта иметь или когда-либо иметь ум - область интенсивных дебатов в когнитивной науке и философских сообществах, однако, воспринимаем ли мы, люди, ум искусственного интеллекта, - это эмпирический вопрос относительно человеческого восприятия в текущий уровень технологической инкультурации [1].

Нормально функционирующие взрослые люди являются прототипами полностью сформировавшихся существ. Другие сущности, такие как дети, люди в вегетативном состоянии, мертвые, Бог, животные и ИИ, являются криптоманами - сущностями, воспринимаемыми как имеющие промежуточные уровни ума. Восприятие разума можно разделить на два измерения, которые помогают дифференцировать криптоминды: агентическое и эмпирическое



мышление. Агентский ум связан с намерением, рассуждением, достижением целей, планированием, общением, запоминанием результатов и выполнением действий. Опытный ум связан с выражением эмоций, ощущением боли или удовольствия, физическим ощущением, запоминанием опыта, личности и сознания. Люди воспринимают младенцев и животных как обладающих высоким эмпирическим, но низким агентическим умом, тогда как люди воспринимают божества как обладающих высоким агентическим, но низким эмпирическим умом. ИИ и роботы, как правило, воспринимаются как обладающие умеренным агентизмом, но с низким уровнем опыта [2].

В то время как различные категории криптоминдов демонстрируют явные различия в уровнях разума, в каждой категории есть значительные различия, основанные на обстоятельствах и конкретном типе. Люди имеют индивидуальные мотивы для восприятия ума, в том числе для социальных связей, осмысления событий и поддержания чувства контроля. Моральное поведение разделяет взаимные отношения с восприятием разума: получатель или жертва морального действия усиливает восприятие эмпирического ума, и только те, у кого опытное сознание, могут быть получателями морального действия. Например, люди с большей вероятностью будут обвинять ИИ в реальных моральных нарушениях, если они также чувствуют, что у них агрессивный ум. Поскольку восприятие ума имеет тесную связь с моралью, это важно для понимания этики, ответственности, моральных прав и законных прав.

Восприятие людей, включая восприятие разума, как людей, так и роботов, частично основано на том, как они физически выглядят и взаимодействуют с окружающей средой. Одним из способов взаимодействия ИИ с окружающей средой является контроль доступа к продуктам питания, банковским счетам, доступу к зданиям и ответам на важные вопросы. Кроме того, ИИ могут контролировать важную информацию, которую они создали. Например, рекомендация о книге, фильме, дате или отпуске является чрезвычайно ценным товаром, если это рекомендация по качеству, основанная на интересах человека. Так как машина должна принять меры, чтобы люди получили ресурс, эти ситуации должны быть связаны с высшим агентическим умом.

Также взаимодействия ИИ со средой - это развитие новых возможностей, адаптация, установление новых связей или обработка разнообразной информации. Они по своей природе непредсказуемы, как и ошибки и неудачи ИИ, и удивительный характер новых способностей должен также привести к усилению восприятия агентского ума. Фокусируясь на реакциях человека на ИИ, можно на первый взгляд предположить гносеологические проблемы, лучшее понимание этих реакций на самом деле имеет отношение к онтологии ума. Некоторые теоретики считают, что преднамеренность неразрывно связана с приписыванием склонности к мысли, и поскольку здравые взгляды обычно приписывают разум не человеческим существам, важно лучше понять условия, при которых эти приписывания сделаны [3].



Внешний вид, действия и атрибуты также должны влиять на восприятие ума. Многие роботы и экранные персонажи, такие как боты и симы, а также электронные устройства имеют аспекты антропоморфного дизайна - наличие человеческих характеристик, таких как глаза, рот, голова, тело, голос или взгляд. Цель этого состоит в том, чтобы сделать машину более привлекательной, как ту, которая имитирует людей, или такую, которая может передавать вербальные и невербальные сигналы, связанные с человеческим общением. В любом случае это должно быть связано с более высокими уровнями эмпирического разума, поскольку человекоподобная форма и движения отражают прототипичный эмпирический пробник: человека.

Хороший способ улучшить восприятие ума - это когда люди путают ИИ с людьми, независимо от того, имеют ли они антропоморфный дизайн. У андроида может быть сложный внешний вид и движение, но ИИ с ограниченным взаимодействием каналов - просто текст, голос или взаимодействие в виртуальном мире - также может привести к ошибочной идентификации. Такая ошибка является классическим эталоном интеллектуального ИИ, также известного как тест на поворот. Машины проходят тест Тьюринга, показывая достаточно высокий уровень разговорной сложности, чтобы их можно было принять за человека. В то время как участники теста Тьюринга знают, что интерактив может быть человеком или ИИ, в повседневных ситуациях это может происходить, когда люди ожидают, что человек ответит на их вызов или ответит на их чат. Обманчивость и заблуждение даже в течение короткого периода времени должны улучшить восприятие человечности и, следовательно, эмпирического ума ИИ [4].

Эти ситуации, которые могут привести к увеличению интеллекта ИИ, не требуют и не подразумевают эмоций, но эмоции могут быть вовлечены или даже необходимы для этого процесса по ряду причин. Кратко рассмотрим пять возможностей. Во-первых, люди склонны бездумно реагировать на машины и компьютеры, как если бы они были социальными субъектами, поэтому, когда ИИ участвуют в социальном взаимодействии, люди могут реагировать с типичными эмоциями, основанными на этих ситуациях. Во-вторых, ИИ, закрепляющиеся на типично человеческих доменах, могут вызвать ряд реакций: люди могут быть удивлены, напуганы, любопытны или удивлены их вторжением. В-третьих, как криптоминды, ИИ с различными технологическими возможностями имеют только некоторые типичные элементы разума. Люди напуганы таким явлением, как «зловещая долина», когда нечеловеческие существа, такие как лица, андроиды или рисунки, выглядят особенно похоже на людей, но не имеют какого-либо осмысленного, чисто человеческого, элемента. В-четвертых, поскольку восприятие ума связано с моралью, личное взаимодействие с разумными ИИ может включать в себя моральные эмоции, такие как вина, стыд, зависть, смущение и гордость. В-пятых, некоторые ИИ и другие технологические объекты специально предназначены для того, чтобы имитировать выражения эмоций и вызывать эмоциональные реакции у людей [5].



Технологии, связанные с Интернетом, подключенные к Интернету вещей, обученные работе с большими данными, работающие на платформах социальных сетей и использующие интеллектуальные алгоритмы, теперь стали обычным явлением в нашей культуре. Эти технологии, являются ли они надлежащим искусственным интеллектом или нет, являются обычным явлением в личной жизни людей. Несмотря на это, не каждое использование этих технологий заставляет нас считать их разумными. Те, кто рассказывают нам что-то о технологиях, их возможностях и поведении, но в конечном итоге раскрывают больше о нас как людях. В этих встречах мы эмоционально обрабатываем разрыв между нечеловеческими технологиями и умом, по существу чувствуя наш путь к машинному уму.

### Литература

1. Гутенев М.Ю. Проблема искусственного интеллекта в философии XX века // Вестник культуры и искусств. – 2012 - № 4 (32) – С 77-80.
2. Степаненко А.С. Искусственный интеллект в контексте философии техники // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Общественные науки. – 2006 - № S10 – С 27-35.
3. Никитина Е.А. Искусственный интеллект: философия, методология, инновации // Философские проблемы информационных технологий и киберпространства. – 2014 - № 2 – С 108-122.
4. Маментьева Е.А., Пономарев К.Д. Искусственный интеллект как проблема современной философии // Интеллектуальный потенциал XXI века: ступени познания. – 2012 - № 9-2. – С 105-109.
5. Михайлов И.Ф. Искусственный интеллект как аргумент в споре о сознании // Epistemology & Philosophy of Science. – 2012 - № 2 том 32 – С 107-122.

А.Ю. Нестеров

### ОБЩИЕ РАМКИ ПОНЯТИЯ «НЕОПРЕДЕЛЁННОСТЬ»<sup>15</sup>

(Самарский университет)

В последние два года в рамках работы над проектом по формализации риторического аргумента в естественном языке было существенным образом конкретизировано применение понятия неопределённости, определяемого в самом общем виде через оппозицию знания и незнания. Один из результатов, в развёрнутом виде представленный в статьях «Семантические стратегии преодоления неопределённости интерпретации (на примере рецептивной эстетики и философии техники)» [8] и «Типы неопределённости в рецептивном

---

<sup>15</sup>Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 18-00-01376 (18-00-00760) КОМФИ).



и проективном семиозисе» [11], опубликованных в журнале «Философия науки», предлагается к обсуждению на философской секции «ПИТ – 2020».

Неопределённость – широкое понятие, используемое во многих научных и философских дисциплинах. В теории познания неопределённость – это проблемная ситуация или ситуация знания о незнании: известно то или иное положение дел, однако не известны его основания (причины), следствия, место в более общей системе положений дел [2]. В герменевтике и теории коммуникации неопределённость – это ситуация непонимания, отсутствия мысли, когда говоришь [12, с. 88]: известно, что речь идёт о том или ином знаке или сообщении, однако не известно его значение, правила построения, условия применимости. В праксиологии неопределённость – это ситуации интуиции: известно, что то или иное действие субъекта приводит к достижению цели, однако не известны алгоритм, условия возможности, фактически исполняемые в этом действии задачи [1].

Эпистемологически контрадикторные ситуации с максимальной и минимальной неопределённостью – это интенциональный объект познания (явление) и технический объект, взятые в рамках классических определений. Оппозиция такого рода фиксируется философией техники, когда речь идёт о противопоставлении познаваемых естественных и создаваемых искусственных вещей: реальное существование естественного объекта предшествует извлечению его сущности человеком в акте познания, и наоборот, сущность искусственного объекта в виде конструкции, схемы или чертежа предшествует его существованию в виде материального объекта [5, с. 134 f.]. В случае явления известно о непознаваемости его сущности, тем самым оно максимально неопределённо. В случае технического объекта известна его сущность и возможные варианты исполнения, тем самым оно минимально неопределённо.

Герменевтически контрадикторные ситуации с максимальной и минимальной неопределённостью – это дескриптивные предложения на естественном языке и чистые предложения языка математики. Значение первого требует для понимания (как перехода от знака к его значению) применения принципа «конгениальности» или «формальной однородности в организации познающего духа» [6, с. 114], то есть нуждается в реконструкции множества контекстов, начиная с принципов организации алфавита или биологии артикуляционного аппарата и вплоть до анализа конкретики ситуации применения языка в описании, фиксируемом таким предложением. Значение второго исчерпывается его смыслом (как способом данности значения), то есть требует для понимания сведения к месту в аксиоматической системе. Максимальной неопределённостью обладают предложения объектного языка, описывающие положения дел в реальном мире, минимальной – предложения двоичного кода, где каждый элемент имеет значение «не ноль», «не единица» или «не пробел».

Праксиологически контрадикторные ситуации с максимальной и минимальной неопределённостью – это ситуации интуитивного действия, с



одной стороны, и ситуации внедрения и применения технических регламентов, с другой. Интуиция как пересборка опыта при переходе от познания к действию, как правило, не осознаётся действующим субъектом. Максимальная степень неопределённости выражается чувственной интуицией, посредством которой характеризуют творчество «наивных художников», элементы повседневной деятельности, спонтанность принятия решений и т.п. Эпистемологически интуиция выражается ситуацией незнания о знании: действие осуществляется в рамках неотрефлексируемого субъектом – неосознаваемого, фонового или «личностного» знания, – которым субъект располагает в силу воспитания, обучения и опыта. В чувственной интуиции не осознаётся правилосообразность ни материального мира восприятия, ни рассудка, ни разума. Рассудочный и разумный виды интуиции подразумевают уменьшение неопределённости как осознание субъектом действия правил, по которым функционируют физический мир, мышление и рефлексия. Минимальная степень неопределённости выражается техническим регламентом, построенным на основании разумной интуиции и содержащим полный алгоритм, гарантирующий достижение заданного результата конечным числом операций.

Неопределённость характеризует процедуры познания, коммуникации и технического (творческого) действия. Для семиотического подхода эти процедуры суть различные способы осуществления семиозиса («процессов, в которых нечто выступает в качестве знака» [7, с. 47]). Познание как субъективирующая деятельность – это рецептивный семиозис, состоящий из восприятия, рассудка и разума (как минимально необходимого перечня ступеней процесса репрезентации сознанием своих содержаний). Техническое (творческое) действие как объективирующая деятельность – это проективный семиозис, обращающий порядок следования ступеней познания: если задачей познания является формирование понятия на основании чувственного восприятия и рассудка, то задачей технического действия является создание объекта восприятия или предмета рассудка на основании понятия. Коммуникация – это трансляция значений посредством их кодирования интересующими языками, в которой решаются задачи выражения и понимания [9; 10].

Семиозис подразумевает осуществление в каждом знаке трёх типов правил: семантических, синтаксических, прагматических (к прагматическим правилам следует относить и правила материального осуществления знакового процесса). Каждая ступень познания или действия есть семиотический правилосообразный процесс, фиксируемый посредством присутствующих только ему значений, смыслов и интерпретаций. Следовательно, и для рецептивного, и для проективного семиозиса выделяются по 9 минимально возможных типов правил: семантические, синтаксические и прагматические правила восприятия, рассудка и разума, взятые как для вектора субъективации, так и для вектора объективации. Каждое из учитываемых в анализе семиозиса познания и деятельности правил допускает ту или иную неопределённость, возникающую



вследствие ограничения правилом той или иной области содержания сознания. Онтология правил может быть введена в терминах оппозиций формы и материи, структуры и содержания, бытия и небытия и представляет собой частный случай онтологии границ или диалектики как системной теории развития в смысле «Энциклопедии...» Г.В.Ф. Гегеля [3]. Наиболее сложным предметом анализа в рамках задачи формализации разнородных неопределённостей является коммуникация, поскольку она по определению включает в себя множественные процедуры познания и действия, осуществляемые отправителем и получателем сообщения [8].

### Литература

1. Бахметьев А.Э. Онтологические и гносеологические границы в структуре интуитивного познания // Манускрипт. 2020. № 1. С. 95-98.
2. Дубровский Д.И. Взаимозависимость знания и незнания // Дубровский Д.И. Обман. Философско-психологический анализ. М., 1994. С.85-98.
3. Гегель Г.В.Ф. Энциклопедия философских наук. Т.1-3. М., 1974-1977.
4. Горан В.П. Философия. Что это такое? // Философия науки. 1996. № 1 (2); 1997. № 1 (3). С.13-15.
5. Дессауэр Ф. Спор о технике. Самара, 2017.
6. Лапшин И.И. Философия изобретения и изобретение в философии. М., 1999.
7. Моррис Ч.У. Основания теории знаков / Степанов Ю.С. (сост.). Семиотика: Антология. М.; Екатеринбург, 2001. С. 45–97.
8. Нестеров А.Ю. Семантические стратегии преодоления неопределённости интерпретации (на примере рецептивной эстетики и философии техники)// Философия науки. 2019, №3 (82). С.142-153.
9. Нестеров А.Ю. Семиотическая схема познания и коммуникации. Самара, 2008.
10. Нестеров А.Ю. Семиотические основания техники и технического сознания. Самара, 2017.
11. Нестеров А.Ю. Типы неопределённости в рецептивном и проективном семиозисе // Философия науки. 2020. В печати.
12. Chladenius J.M. Einleitung zur richtigen Auslegung vernünftiger Reden und Schriften. Düsseldorf, 1969.



## ОПЦИОНАЛЬНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОНТОГНОСЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОБЛЕМЫ В ФИЛОСОФИИ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЩЕСТВА

(Самарский университет)

Проблема соотношения бытия и мышления представляет собой ключевой фактор контекстообразования в классической философии, оставляющий целый комплекс теоретических реминисценций как на уровне дисциплинарной спецификации философии как эпистемологической системы, так и в пресуппозициях тематического базиса частных философских дисциплин. Превращение онтогносеологической проблемы в критериальное основание для классификаций было предсказуемым догматическим эксцессом мысли, поместившей в своё концептуальное средоточие мотив преодоления метафизической созерцательности и наделившей практику статусом инстанции, обладающей прагматическими санкциями, обеспечивающими исполнимость идеала общественного прогресса в режиме радикальной посюсторонности. При этом проблема соотношения бытия и мышления, жизни и мысли, объективной детерминации и свободы самосознания зачастую рассматривалась вне тех габитуальных опций, в которых философия приобретала конкретность своего исторического самообразования.

Понятие габитуальной опции философии предполагает наличие устойчивых форм единства теоретической рефлексии и социальной институционализации, посредством которых философия осуществляется исторически, становясь жизненной формой самосознания эпохи, обладающей целым комплексом функций, оказывающих релевантное оптимизирующее воздействие на актуальный интеллектуальный, духовный и идеологический контекст. Именно этот идейный функционал философии придаёт той или иной эпохе мировоззренческую целостность, в которой отражаются её реальные противоречия и в которой фокусируются её катарсические интенции, задающие сущностные черты её идеального единства. Одна и та же проблема может обладать внутри разных габитуальных опций различными обобщающими возможностями, что позволяет ей предстать во всевозможных адаптивных трансформациях, семантическая когерентность которых вызывает вопрос о разумности той действительности, в какой философия предстаёт в эйдетике соответствующих габитуальных опций. Исторически-легитимируемыми можно считать а) медитативную, б) контемплятивную, с) академическую, д) популярную и е) прикладную опции философии. Проблема единства бытия и мышления в каждой из них приобретает не только теоретическую общезначимость на разных основаниях, но и реконструируется в превращённых формах, имеющих некомплементарный мировоззренческий смысл.

А. Медитативная габитуальная опция характеризуется монотематизмом проблемной интуиции, сверхценная значимость которой становится для



мыслителя предметом ультимативной заботы, обретая статус «вечной истины разума». В новоевропейской философии онтогносеологическая проблема впервые формулируется Николаем Кузанским в его «конъектуральной диалектике» и позиционируется как концептуальное средоточие истины в фокусе, в котором достигается *coincidentia oppositorum*. Предполагается, что единство бытия и мышления включает в себе сущностную интуицию разумности, возвышающуюся над конечными дефинитивами рассудка.

В. Контемпливативная габитуальная опция характеризуется оппозиционным дуализмом, позволяющим перевести проблемную интуицию в план рефлексии и соотнести её с прочими интуициями на уровне системной целостности. Вопрос о соотношении бытия и мышления предстаёт в контемпливативной опции как «проблема Рейнгольда», неразрешимость которой напрямую становится теоретическим стимулом для Ф.В.Й. Шеллинга и Г.В.Ф. Гегеля к созданию всеобъемлющих теоретических систем, в которых она приобретает видимость диалектического снятия.

С. Академическая габитуальная опция характеризуется редукционизмом, требующим дидактической оптимизации общефилософского контекста *in*сogроена основании того или иного решения, *sub*specie которого достигается требуемый мировоззренческий результат. Онтогносеологическая проблема предстаёт в облики «основного вопроса философии» и формализуется в этом качестве в марксизме, неокантианстве и в целом ряде доктрин посткритического иррационализма.

Д. Популярная габитуальная опция характеризуется прочтением теоретических проблем глазами господствующего сознания с точки зрения состоявшегося исторически субъекта, взятого с его типологической стороны. В этой фазе проблема онтогносеологии была сформулирована советским философом М.А. Лифшицем с учётом особенностей марксистской идейной идиомы. М.А. Лифшиц, видевший в проблеме единства бытия и мышления вопрос о диалектическом статусе гегелевской «истинной середины» (*die wahre Mitte*), учил, «что всё отдельное имеет всеобщее содержание, то есть не является в познании прибавлением безусловно нового, синтезом без априори, а известным сведением, возвращением к первооснове, и чем больше нового, тем яснее этот всеобщий смысл» [3, с. 427]. На этом пути мыслитель рассматривал «гистерезис» в качестве реалистической альтернативы «анамнезису» платонизма. Так онтогносеологическая проблема «сделалась добычей нового схематизма» [3, с.131]. Особое внимание М.А. Лифшиц уделял разоблачению трансцендентальной подтасовки онтогносеологической проблемы вопросом об «искусственной среде и средствах общения» [2, с. 40].

Е. Прикладная габитуальная опция характеризуется превращением философской проблемы в подлежащий разоблачению эпифеномен частнопредметных проблематизаций. Дух низводится до роли средства, а философия вырождается в комплекс конвенциональных социальных иллюзий. Онтогносеологическая проблема не решается, но дисквалифицируется в её проблемном качестве. В прикладной философии онтогносеологическая



проблема оборачивается семиотической, для которой, по свидетельству А.Ю. Нестерова «необходимо конкретизировать общие предпосылки, при которых данная модель является возможной» [5, с. 42]. Исходя из постметафизического понимания проблем историзма, И.В. Дёмин констатирует, что «ни один ответ на универсальный философский вопрос не может иметь универсальной значимости и не является окончательным» [1, с. 92].

В условиях информационного общества онтогносеологическая проблема формулируется в идиомах популярной габитуальной опции, но элиминируется по законам прикладной, оказываясь в реалиях информационного общества либо семиотическим пережитком, либо исторически-востребованным маркером информационного контекста, лишённого аутентичной содержательной событийности, чем сама онтогносеологическая проблема не разрешается и не снимается. Это обстоятельство свидетельствует о том, что информационное общество ещё не готово к рефлексии по поводу лимитов идеации факторов реального генезиса типологических признаков собственного бытия.

### Литература

1. Дёмин И.В. Семиотика и герменевтика исторического опыта. – Самара: Самарская гуманитарная академия, 2017. – 273 с.
2. Лифшиц М.А. Диалог с Эвальдом Ильенковым. – М.: Прогресс-Традиция, 2003. – 368 с.
3. Лифшиц М.А. Что такое классика? – М.: Искусство XXI век, 2004. – 512 с.
4. Лифшиц М.А. Varia. – М.: Грюндриссе, 2010. – 172 с.
5. Нестеров А.Ю. Семиотические основания техники и технического сознания. – Самара: Самарская гуманитарная академия, 2017. – 155 с.

Ю.А. Разинов

### ГУМАНИТАРНОЕ ЗНАНИЕ В УСЛОВИЯХ РЫНКА: МАРГИНАЛИЗАЦИЯ ИЛИ РЕГИОНАЛИЗАЦИЯ? \*

(Самарский университет)

Современные проблемы гуманитарного знания, а здесь я прежде всего имею в виду науку и образование, имеют рыночную природу. Попав в зависимость от рынка, гуманитарное знание, как и знание вообще, всё больше утрачивает свою самодостаточность и самооценность. Оно становится товаром, имеющим к тому же сомнительную рыночную (меновую) стоимость. Как писал

---

\* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-011-00910 «Маргинальные феномены человеческого бытия (Антропология ad Marginem)».



Ж.-Ф. Лиотар еще в 1979 году (с отсылкой к Ю. Хабермасу), «знание производится и будет производиться для того, чтобы быть проданным, оно потребляется и будет потребляться, чтобы обрести стоимость в новом продукте, и в обоих этих случаях, чтобы быть обмененным. Оно перестает быть самоцелью и теряет свою «потребительскую стоимость»<sup>16</sup>. При этом вопрос о существовании в рыночных условиях для гуманитария имеет вполне определенный смысл – «выживание».

Задача выживания сама по себе говорит о том, что гуманитарные дисциплины выдворены из символического центра, в котором они благополучно пребывали в недавнем прошлом, на периферию «экономики знания». Между тем, некоторая (незначительная) часть гуманитарной интеллигенции тешит себя надеждой «вписаться» в рынок. Поскольку торговля «смыслами» и «большими нарративами» оказывается рыночно неэффективной, гуманитарий стихийно или вынужденно (через систему грантовой поддержки) вовлекается в проекты, прямо или косвенно связанные с процессом расширения товарной формы.

Уход в междисциплинарные области, в микроисследования и описание так называемых «практик» следует рассматривать как тонкую доводку в обслуживании капитала, как его диверсификацию. Показательным примером такой диверсификации может служить целая отрасль социально-гуманитарных исследований, по-разному именуемая то как *Death Studies*, *Mortality Studies*, *Near-Death Studies*, *Queer Death Studies*, *Digital Death Studies*, то как «социология смерти», «некросоциология», а в более широком смысле – «танатология». Такого рода исследования удачно вписываются в маркетинговые стратегии, использующие символы смерти в качестве двигателя торговли и средства расширения рынка товаров и услуг. «Ирония судьбы заключается в том, что на завершающей стадии капитализма в товарную форму затянуты уже не только эрос и биос, но и танатос, а в “потребительскую корзину” включены не только “экологичность” и “здоровый образ жизни”, но и процесс умирания»<sup>17</sup>. Кроме того такие исследования обслуживают символическую систему капитализма, ориентированного на воображаемое бессмертие потребителя, сохраняющего свою «покупательскую способность» и после реальной (физической) смерти. Проплатив обслуживание сетевого аккаунта и «цифровые могилы», потребитель продолжает свою деятельность в виртуальной посмертии. Потребительскому отношению к смерти внутренне отвечает продвигаемая на рынке услуг идея позитивного отношения к смерти (*Death-positive movement*), а так же идея «цифрового бессмертия».

Маргинализация гуманитарных дисциплин, в особенности философии, имеет простое экономическое объяснение. Современный турбокапитализм

---

<sup>16</sup> Лиотар Ж.-Ф. Состояние постмодерна / пер. с фр. Н.А. Шматко. М.: Институт экспериментальной социологии; Спб.: Алетейя, 1998. С. 18.

<sup>17</sup> Разинов Ю.А. Эклиптика смерти // Ежегодник по феноменологической философии. Вып. V. М.: изд-во РГГУ, 2019. С. 116.



(термин, введенный американским экономистом Э. Люттваком<sup>18</sup>) основан на ускорении оборота капитала, что обусловлено падением эффективности капитала в целом. Если индустриальная экономика развивается за счет пространственного расширения рынков, то постиндустриальная экономика активно использует фактор времени. Исчерпав возможности пространственного расширения рынков, она расширяет их во времени или за счет времени. Такое «расширение» имеет три аспекта: 1) ускорение транзакций (цифровая экономика); 2) оптимизация логистических схем (экономика знаний); 3) эксплуатация будущего (экономика опережающего потребления и кредита). В сумме это можно назвать «экономикой быстрых денег».

Разумеется, что в экономике турбокапитализма под ударом оказываются те сектора, которые предполагают большие капитальные инвестиции и длительный цикл оборота капитала, как например, в судостроении, энергетике, авиационной промышленности. Возврат инвестиций в тяжелой промышленности столь же долог (до 30 лет), сколько и рискован. Но точно так же дело обстоит и в фундаментальной науке, в которой открытия «окупаются» по прошествии десятилетий. «Эффективность» же гуманитарного знания измеряется историческим временем. Что касается философии или исследования культуры, то их «отдача» растягивается на века.

Если измерять и описывать процессы в гуманитарной сфере языком рынка, то философия – это «длинные деньги» культуры. Следовательно, в условиях турбокапитализма вложение в любую долгосрочную сферу – историческую науку, этнографию или лингвистику, я уже не говорю о философии, – по определению является невозвратным общественным кредитом. Отсюда и принцип финансирования, соразмерный поддержке малоимущих слоев населения. В условиях же стагнирующей экономики турбокапитализма гуманитарная сфера оказывается пресловутым чемоданом без ручки, который и нести трудно, и выбросить жалко.

Но главное заключается в том, что не известно, куда несут чемодан – к какой цели? Как писал Х. Ортега-и-Гассет ещё в 30-ом году XX века, «сегодняшняя жизнь – это плод междуцарствия, пустота между двумя формациями исторической власти – той, что была, и той, что назревает. Оттого она временна по самой своей сути. Ни мужчины толком не знают, чему им по-настоящему служить, ни женщины – каких мужчин им по-настоящему любить»<sup>19</sup>.

Отказавшись от телеологического принципа, социальная наука лишается ума, ибо ум – это не только структура, но и направление мысли (чувства, желания, действия, воли). Это способность двигаться в верном направлении,

---

<sup>18</sup> *Luttwak E.* Turbo capitalism. Winners and Losers in the Global Economy. Weidenfeld & Nicolson, London, 1998 / HarperCollins, New York, 2000.

<sup>19</sup> *Ортега-и-Гассет Х.* Восстание масс. Дегуманизация искусства. Бесхребетная Испания. М.: АСТ: СТ Москва, 2008. С. 166.



улавливая исторические и культурные тенденции, слыша «гул бытия» и настраиваясь на частоту его «зова».

Но направленность ума, умом не создается. Данное обстоятельство сплошь и рядом упускается современными интеллектуалами, нацеленными на тонкую проработку сложных смысловых структур. «Интеллектуалы структур» не безосновательно считают себя компетентными специалистами и экспертами в том или ином вопросе. Однако, зачастую они не видят за деревьями леса, хотя еще Гераклит заметил, что «многознание уму не научает». Многознание под видом «профессиональной эрудиции» является каноном новой академической софистики. Кто сегодня может противостоять этому консолидированному клану? Разве что юродивый – агент границы и маргинал в крайней степени.

Но вернемся к экономике, поставив вопрос следующим образом: существует ли альтернатива маргинализации гуманитарной науки и образования, и при каких условиях это возможно?

Ответ будет сильно зависеть от того, как понимать и как относиться к текущему кризису, за которым очевидно, стоит кризис экономической модели финансового глобализма.

Сегодня становится очевидным, что эпоха ускоренной глобализации вошла в стадию завершения. Это обстоятельство, однако, не отменяет процесса глобализации в исторически длительной перспективе, так как альтернативы глобальному порядку не существует. Мир уже достаточно глубоко интегрирован и вовлечён в структуру глобального разделения труда. По этой причине дилемма регионализация vs. глобализации является исторически ложной, и речь следует вести о том, что мир вступил в фазу конкуренции глобальных проектов. В эту конкуренцию уже включились Китай и Индия, но при определенных условиях и структурных изменениях в такую конкуренцию может включиться и Россия, которая в силу своей геополитической роли и культурно-исторического кода способна замкнуть на себя пространство Евразии. Это значит, что регионализация является лишь шагом назад по отношению к двум шагам вперед. Иными словами, глобализация в исторической перспективе будет осуществляться путем региональной интеграции, путем формирования новых центров, внутри которых будут выплываться альтернативные формы планетарного единства.

Текущая «самоизоляция» стран – лишь триггер такого попятного движения, которое началось раньше, а именно с «брекзита» и политики Трампа по закрытию рынков. Казус Трампа заключается в том, что страна, которая в XX веке была олицетворением трансграничного мира и которая приложила огромные усилия к падению стен и занавесов, сегодня сама строит стену на границе с Мексикой.

Между тем Дональд Трамп делает ровно то же, что до этого делали все «закрытые» режимы от Гитлера и Сталина до Хусейна и Каддафи. Он проводит политику протекционизма, выстраивает таможенные барьеры и пересоздаёт национальную элиту. Возможно, вопреки собственному намерению, он становится фигурой консолидации национальных элит в других странах.



Именно поэтому Трамп стал если не символом, то маркером консервативной революции и соответствующего тренда на регионализацию политики, экономики и культуры.

Для гуманитарной сферы регионализация открывает перспективы, связанные с актуализацией особенного. Особенное – вот, что является камнем преткновения абстрактно-всеобщей логики капитализма. Главными островами особенного и очагами его сопротивления являются национальная культура, язык, история, семья, родина – большая или малая. Но именно особенное, а не абстрактно-всеобщее, является предметом гуманитарного мышления. А следовательно «запрос» на него со стороны государства и окрепших национальных элит вытаскивает, мы надеемся, гуманитарную сферу из того захолустья, на которое его обрекла «невидимая рука рынка».

Процесс регионализации глобального процесса не следует именовать термином «глокализация», который скомпрометирован тем, что хотя и был призван к тому, чтобы учитывать региональную специфику рынков, с самого начала служил инструментом глобалистского фундаментализма – его логической доводкой.

### Литература

1. Лиотар Ж.-Ф. Состояние постмодерна / пер. с фр. Н.А. Шматко. М.: Институт экспериментальной социологии; СПб.: Алетейя, 1998. – 160 с.
2. Ортега-и-Гассет Х. Восстание масс. Дегуманизация искусства. Бесхребетная Испания. М.: АСТ: СТ Москва, 2008.
3. Разинов Ю.А. Эклиптика смерти // Ежегодник по феноменологической философии. Вып.V. М.: изд-во РГГУ, 2019. С.114–134.
4. Luttwak, Edward. Turbo capitalism. Winners and Losers in the Global Economy" — Weidenfeld & Nicolson, London, 1998 / HarperCollins, New York, 2000.

Н.В. Родионов, Р.С. Загидуллин

## НОВИЗНА ИЗОБРЕТЕНИЙ В ФИЛОСОФИИ ТЕХНИКИ И СПОСОБЫ ЕЁ ДОСТИЖЕНИЯ

(Самарский университет)

**Аннотация:** техника, которая содержит изобретения, является конкурентоспособной на мировом рынке. При этом изобретения, которые характеризуются наиболее оптимальным уровнем новизны, способны удовлетворять актуальные потребности общества. Проблема заключается в том, что достижение новизны должно регулироваться современными методами по управлению созданием новой техники. Решением проблемы является использование робастных и экспертных методов создания новой техники, которые направлены на установление приоритетных параметров будущего



облика новой техники. В данной работе представлены принципы философии техники о новизне изобретений. Приведены понятия «техника», «изобретение», «технический прогресс». Проведён анализ путей совершенствования техники с применением существующих современных робастных и экспертных методов создания техники.

**Ключевые слова:** философия техники, изобретение, новизна, интеллектуальная собственность, техника

В настоящее время, создание новой техники является ключевой целью для производителей товаров на мировом рынке. Однако стоит отметить значение термина «техника».

Ф.Дессауэр отметил значение техники, говоря что «техника, действительность и действенность которой заключена в постоянном пересечении границ (трансцендировании) внутреннего вовне и наоборот, поскольку она есть финалистское формообразование и использование на базисе того, что соответствует законам природы, создаёт вокруг нас самостоятельно выдуманный и самостоятельно построенный мир, подтверждает открытость обеих областей, значимость таких категорий, как каузальность и действительность, в том числе и для естественного бытия. Благодаря технике можно многому научиться в познании и создании того, что иначе является труднодостижимым».[2]

«Техника – это непрерывное, сопричастное творению единство духа и материала». [2]

П.К. Энгельмейер под техникой понимал «искусство, направленное на пользу, в противоположность художеству, направленному на красоту». [3]

Развитие научно-технического прогресса в процессе создания новой техники является ключевым направлением промышленных предприятий на пути к достижению конкурентоспособных позиций на мировом рынке. При этом научно-технический прогресс невозможно представить без создания изобретений.

Именно так писал П.К. Энгельмейер, говоря о техническом прогрессе, «теперь мы можем дать точную формулировку «техническому прогрессу». Вот его формула: «С целью получить определённый результат, человек так сопоставляет тела природы, что их естественное взаимодействие даёт намеченный результат». [3]

Изобретение, писал П.К. Энгельмейер, есть «решение некоторой технической проблемы (задачи)». [3]

С учётом вышеизложенного, изобретения, как результат научно-технического прогресса, приносят пользу в соответствии с желаемым результатом, востребованном на мировом рынке.

Изобретению характерна новизна. П.К. Энгельмейер высказал о новизне изобретения следующее, а именно «неожиданность, или же новизна изобретения может быть двоякая: субъективная и объективная. Изобретатель может трудиться над вещью давно известной, которой он однако не знает. Для



него она нова, и поскольку он всё-таки трудится над вещью новой, но только новой «субъективно». Объективно же ново то, чего и другие специалисты не знают. Вопрос о субъективной и объективной новизне имеет громадное значение в юриспруденции изобретения». [3]

Стоит отметить, что уровни новизны изобретений могут различаться и в связи с этим возникает вопрос о способах её достижения.

Также о новизне изобретений П.К. Энгельмейер писал, что «во-первых, новое может заключаться либо в эффекте, либо в составе изобретения. В самом деле, если новый только эффект, то значит старый состав, а это значит, что по составу новое изобретение сходно с каким-либо из существующих. Но здесь мы узнаем случай изоморфизма. Если же новый состав при старом эффекте, то нетрудно здесь увидеть случай эквивалентности». [3]

Следовательно, новизна изобретений может быть достигнута либо изоморфным, либо эквивалентным способами, а значит процессом достижения новизны можно регулировать.

Отметим, что П.К. Энгельмейер писал что «первоначальное техническое формообразование, «изобретение», есть мысленное извлечение и разработка посредством рук и инструментов таких форм решений, которые «предустановлены». Для абсолютно однозначно (включая дополнительные условия) поставленного технического задания в идеале есть лишь одно совершенное решение, а не набор случайных». [3]

В настоящее время, существуют робастные подходы, направленные на повышение качества создаваемой техники, параметры которой устанавливают потребители.

К таким подходам относится метод развертывания функции качества (QFD) и метод анализа видов, причин и последствий потенциальных несоответствий (FMEA). [10]

Достоинство метода QFD заключается в выявлении оптимальных параметров техники, которые максимально отвечают требованиям потребителей. За счет данного преимущества производители техники смогут сократить время на разработку техники.

Достоинство метода FMEA заключается в выявлении ошибок, рисков, несоответствий в технике, то есть тех факторов, которые препятствуют повышению технико-экономической пользы, как для производителя, так и для потребителя. За счёт данного преимущества производители техники смогут сократить издержки на изготовление техники.

Одновременное применение методов QFD и FMEA позволит производителям получить синергетический эффект, результатом которого могут быть изобретения.

Оценка технико-экономической пользы от изобретений, включая новизну, технический эффект, экономию для потребителя и производителя и прочее, может быть проведена с использованием количественных, экспертных методов многокритериального оценивания, таких как метода анализа иерархий (МАИ), метода ELECTRE, метода БОФа и прочих.



После проведения оценки технико-экономической пользы оцениваемых, то есть созданных изобретений относительно аналогичных существующих изобретений можно определить окончательную, прогнозную оценку технико-экономической выгоды от изобретений для потребителей и производителей.

Результаты оценки технико-экономической пользы от изобретений способствует определению ведущих конкурентоспособных позиций на мировом рынке новой продукции.

Таким образом, новизна конкурентоспособной техники может достигаться с помощью современных аналитических методов, начиная с робастных подходов и заканчивая многокритериальными экспертными методами.

Стоит отметить, что в случае получения отрицательных результатов от применения многокритериальных экспертных методов оценки технико-экономической пользы от изобретений, реализация вышеуказанной последовательности современных аналитических методов должна повториться вновь до момента наступления положительных результатов.

### Литература

ГОСТ Р 56273.4-2016/CEN/TS 16555-4:2014 Инновационный менеджмент. Часть 4. Управление интеллектуальной собственностью. М.: Стандартиформ, 2016, 25 с.;

Ф. Дессауэр Спор о технике. Самара: Издательство Самарской гуманитарной академии, 2017, 266с.;

3. П. Энгельмейер Теория творчества. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010, 208с.;

4. А.Ю. Нестеров, А.И. Демина Категории "значение" и "изобретение" в контексте семиотики техники // Вестник Томского государственного университета. Философия. Социология. Политология, 2019, № 49, С. 42-50;

5. А.Ю. Нестеров, А.И. Демина Понятие техники в работе Фридриха Дессауэра «Спор о технике» // Экология Южной Сибири и сопредельных территорий Материалы XXII Международной научной школы-конференции студентов и молодых ученых. В 2-х томах, 2018, С. 187;

6. А.Ю. Нестеров Эпистемологические и онтологические проблемы философии техники: "четвёртое царство" Ф. Дессауэра // Онтология проектирования, 2016, Т. 6. № 3 (21), С. 377-389;

7. А.Ю. Нестеров, А.И. Демина Понятие интуиции в свете концепции "четвёртого царства" // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2019) Труды Международной научно-технической конференции, 2019, С. 770-773;

8. А.Ю. Нестеров Открытие и изобретение в семиотике техники // Управление движением и навигация летательных аппаратов Сборник трудов XXI Всероссийского семинара по управлению движением и навигации летательных аппаратов, 2019, С. 151-155;



9. Р.С. Загидуллин, Т.А. Митрошкина, М.В. Высоцкая Совершенствование процесса градуировки датчиков тепловых потоков для термовакуумных испытаний космических аппаратов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2019. Т. 21. № 4 (90). С. 88-96;

10. Р.С. Загидуллин, П.В. Баринов, В.А. Буркова, С.В. Глушков, Т.А. Митрошкина Современные методы улучшения качества проектирования специальной технологической оснастки для испытаний сборочно-защитного блока научно-энергетического модуля // Качество и жизнь. 2019. № 2 (22). С. 44-53;

11. М.В. Высоцкая, Р.С. Загидуллин, Т.А. Митрошкина, А.Я. Дмитриев Анализ и совершенствование измерительной системы испытаний авиакосмической техники для верификации/валидации продукции // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2019. № 12. С. 23-27;

12. Р.С. Загидуллин, Т.А. Митрошкина, О.Ф. Садыков, М.В. Высоцкая, И.О. Нагурный, А.В. Горшков Разработка модели обеспечения качества при проектировании, изготовлении, испытании изделий авиационно-космической техники // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2019. № 12. С. 27-33.

Н.В. Родионов

## ПРИНЦИПЫ ОЦЕНКИ ПОЛЕЗНОСТИ ИЗОБРЕТЕНИЙ В ФИЛОСОФИИ ТЕХНИКИ

(Самарский университет)

**Аннотация:** На мировом рынке предприятиям необходимо позиционировать конкурентоспособную технику. Конкурентоспособность техники обеспечивается наличием в ней изобретений. Однако есть возможность, что при разработке или модернизации новой техники, могут быть созданы изобретения, которые в будущем обеспечат технико-экономическую пользу. Проблема заключается в том, что в настоящее время отсутствует модель по оценке полезности изобретений. Решением проблемы является составление ключевых принципов оценки полезности изобретений в философии техники, необходимых для создания модели по оценке полезности изобретений. В работе приведены истолкования таких понятий как «полезность», «изобретение», «экспертное суждение». Приведены перспективы и актуальность оценки полезности изобретений. Представлены виды экспертных суждений. Актуальность работы заключается в представлении основополагающих принципов в философии техники, с целью создания количественного метода экспертной оценки полезности изобретений, направленного на установление набора приоритетных изобретений, необходимых для создания конкурентоспособной техники.



**Ключевые слова:** философия, изобретение, полезность, оценка, интеллектуальная собственность.

### **Об изобретении**

Ф. Дессауэр говорил, что изобретение это «открытие, только не в пространстве действительного, а в пространстве возможного. «Есть» это огромное царство определённых, так сказать, ожидающих искателя предустановленных форм, не существующих, но потенциальных, то есть возможных».[3]

А.Ю. Нестеров, А.И. Демина определили изобретение как «искусственный предмет, действие и мысль... имеющие значение орудия». [8]

### **О полезности изобретений**

И. Бентам под термином «полезность» понимал «то свойство предмета, по которому он имеет стремление приносить благодеяние, выгоду, удовольствие, добро и счастье, предупреждать вред, страдание, зло и несчастье той стороны, об интересе которой идёт речь». [2]

Оценка полезности изобретений может являться измерением разницы превосходства ожидаемой выгоды одного изобретения по сравнению с другим.

### **Перспективы и актуальность оценки полезности изобретений**

Перспективы, которые могут быть получены от использования изобретений, характеризуются получением технико-экономической пользы. При этом П.К. Энгельмейер отметил, что изобретения характеризуются с разных сторон «технологической, чистой механической, экономической, эврилогической». [6] Разные стороны изобретений могут представлять собой технико-экономические критерии, по которым может осуществляться оценка полезности изобретений.

Экономическая польза от использования изобретений, характеризуется как доступностью изобретений для потребителя, так и увеличением экономии для производителя.

Также стоит отметить, что существует техническая польза, которая может характеризоваться новизной изобретений, совершенствованием производительности от использования изобретений или получением технического эффекта, как для производителя, так и для потребителя.

Об актуальности оценки полезности изобретений К.Э. Циолковский писал, что «в передовых странах стараются учреждать специальные комитеты для оценки изобретений». [5]

### **О видах и сущности экспертных суждений**

Говоря об определении значения экспертного суждения, то можно привести слова Гегеля, который писал, что «объяснение значительно лучше, чем то, что служит здесь предметом объяснения; ибо то, что здесь имеется в



виду, не есть вообще понятия и едва ли даже определения понятия, а, в сущности, говоря лишь определения представления».[9]

Можно сказать, что в процессе оценки полезности изобретений эксперт выступает как субъект, представляющий, как отметил Гегель, сущее, именно «для-себя-сущее», являющееся предикатом, который характеризует как всеобщее или рефлексивное, или как «его в себе бытие». [9]

Учитывая вышеизложенное, стоит отметить, что экспертное суждение может являться представлением о разнице преимуществ и недостатков признаков сопоставимых изобретений по каждому критерию.

Экспертные суждения в отношении технических критериев могут быть положительными, отрицательными и бесконечными, а в отношении к экономическим критериям могут быть сингулярными, партикулярными и универсальными. [9]

Экспертные суждения в отношении полезности изобретений можно выразить, используя высказывание Аристотеля, что «предикаты какого-либо единичного предмета, то есть такие понятия, которые можно высказать относительно того или иного единичного предмета или класса предметов: субстанция, количество, качество, отношение, место, время, положение» [7].

Под этими категориями Аристотеля можно представить полезность изобретений.

### **Об оценке полезности изобретений**

Эстетическое измерение сопоставленных экспертных суждений по каждому технико-экономическому критерию при сравнении изобретений является оценкой полезности изобретений.

В результате сопоставления изобретений в отношении каждого из них могут быть выражены экспертные суждения в виде качественной или количественной формы.

Качественная форма экспертных суждений представляет собой те суждения, которые могут быть выражены вербальным способом, например, используя такие понятия как «низкий», «средний», «высокий» и прочие.

Однако, для более точной оценки необходимо экспертным суждениям придавать количественные величины. Возможность количественного выражения экспертных суждений подтверждается словами И. Канта, который говорил, что «определение величины посредством числовых понятий (или их знаков в алгебре) есть математическое определение их величины просто в созерцании (по глазомеру) есть определение эстетическое». [4]

Также можно воспользоваться словами И. Канта, который говорил, что «определение величины основной меры должно состоять только в возможности непосредственно схватить её с помощью созерцания и посредством воображения использовать для изображения числовых понятий; другими словами, всякое определение величины природных предметов в конечном итоге эстетично (то есть субъективно, а не объективно)». [4]



Следовательно, количественная форма экспертных суждений представляет собой суждения, которые могут быть выражены в виде числовых величин, например цифрами десятичной шкалы.

Однако стоит отметить, что могут быть случаи, при которых невозможно выразить экспертные суждения.

В отношении этого И. Кант говорил, что «возвышена природа в тех её явлениях, созерцание которых заключает в себе идею её бесконечности. Это возможно лишь при несоразмерности даже величайшего стремления нашего воображения определить величину предмета», «Бесконечное велико абсолютно (не только сравнительно). В сравнении с ним всё остальное (из величин того же рода) мало. Но – и это самое главное - даже только возможность мыслить его как целое свидетельствует о такой способности души, которая превосходит все масштабы чувств». [4]

### Заключение

Воплощение изобретений в жизнь сопровождается их дороговизной и, как отметил К.Э. Циолковский, «всякое изобретение требует громадных усилий и затраты больших денежных средств для своего исполнения». [5]

Следовательно, для новой, конкурентоспособной техники необходимо создавать приоритетные изобретения, которые смогут обеспечить оптимальную технико-экономическую пользу для производителей и потребителей.

Для выявления приоритетных изобретений необходимо провести создание экспертного метода оценки полезности изобретений, основанного на вышеуказанных принципах философии техники.

Создание новой техники с использованием результатов экспертного метода оценки полезности изобретений может способствовать развитию технического прогресса.

В настоящее время действует международный стандарт, в котором приведены сведения об оценке изобретений.[1]

### Литература

1. ГОСТ Р 56273.4-2016/CEN/TS 16555-4:2014 Инновационный менеджмент. Часть 4. Управление интеллектуальной собственностью. М.: Стандартиформ, 2016, 25 с.;
2. И Бентам Введение в основания нравственности и законодательства. М.:Российская политическая энциклопедия,1998, 415с.;
3. Ф. Дессауэр Спор о технике. Самара: Издательство Самарской гуманитарной академии, 2017, 266с.;
4. И. Кант Принцип чистого разума. С комментариями и объяснениями М: Издательство «Эксмо», 2015, 91с.;
5. К. Циолковский Космическая философия. М.: ИДЛи, 2004, 496с.;
6. П.К. Энгельмейер Теория творчества. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010, 208с.;



7. Г. Челпанов Учебник логики. М.: Научная библиотека, 2010, 128 с.;
8. А.Ю. Нестеров, А.И. Демина Категории "значение" и "изобретение" в контексте семиотики техники // Вестник Томского государственного университета. Философия. Социология. Политология, 2019, № 49, С. 42-50;
9. Гегель Наука логики. Том 2. Субъективная логика Primedia E-launch LLC, 2017 - 280 с.;
10. А.Ю. Нестеров, А.И. Демина Понятие техники в работе Фридриха Дессауэра «Спор о технике» // Экология Южной Сибири и сопредельных территорий Материалы XXII Международной научной школы-конференции студентов и молодых ученых. В 2-х томах, 2018, С. 187;
11. А.Ю. Нестеров Эпистемологические и онтологические проблемы философии техники: "четвёртое царство" Ф. Дессауэра // Онтология проектирования, 2016, Т. 6. № 3 (21), С. 377-389;
12. А.Ю. Нестеров, А.И. Демина Понятие интуиции в свете концепции "четвёртого царства" // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2019) Труды Международной научно-технической конференции, 2019, С. 770-773;
13. А.Ю. Нестеров Открытие и изобретение в семиотике техники // Управление движением и навигация летательных аппаратов Сборник трудов XXI Всероссийского семинара по управлению движением и навигации летательных аппаратов, 2019, С. 151-155.

А.Е.Сериков

## ПРЕДРАСПОЛОЖЕННОСТЬ ДЕТЕЙ К ПРИНЯТИЮ И ПРИНЕСЕНИЮ ЖЕРТВЫ (НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ДЕТСКИХ РАССКАЗОВ Н.НОСОВА)

(Самарский университет)

В данной статье кратко сформулированы результаты исследования, направленного на обоснование гипотезы о том, что предрасположенность к принятию и принесению жертвы должна проявляться в формах детского поведения, аналогичных элементам жертвоприношения. Метод исследования состоял в анализе детских рассказов, основанном на модели ситуативной грамматики поведения.

В современной антропологии своеобразной аксиомой является тезис о том, что жертва — это «условие культуры» [4, с.6]. Правда, антропологи далеко не едины в оценке роли именно человеческого жертвоприношения. Политкорректная точка зрения заключается в том, что оно не было культурной универсалией даже в архаических обществах и тем более не является чем-то существенным в обществах современных. Альтернативная точка зрения состоит в том, что человеческое жертвоприношение в архаических обществах



было распространено повсеместно и одной из важнейших теоретических задач антропологии является объяснение «разнообразия способов изобретения людьми во всех уголках земного шара новых форм пыток, массовых убийств и человеческого жертвоприношения» [8, p.223-224]. Основатель социобиологии Э.Уилсон недавно предположил, что люди эусоциальны, т.е. биологически предрасположены к альтруизму и социальному распределению ролей, в рамках которого часть из них отказывается от собственного потомства ради того, чтобы помогать другим выращивать их детей [7, с.66-67]. С биологической точки зрения, склонность жертвовать собой ради других тесно связана с предрасположенностью принимать жертвы других или даже прямо жертвовать другими ради блага сообщества в целом. Этого требует эволюционная логика группового отбора. Например, перед основанием новой колонии молодые королевы красных огненных муравьев объединяются в группы по 10 и более особей, что позволяет победить в конкурентной борьбе с другими колониями; первоначально рабочие особи ухаживают за всеми королевами, но затем они начинают убивать королев, включая даже собственных биологических матерей и оставляя лишь одну из них — наиболее плодовитую [7, с.87-88]. Если человек действительно эусоциален, это может и должно проявляться не только в альтруизме одних, но и в предрасположенности других пользоваться плодами этого альтруизма, а также в склонности приносить и принимать человеческие жертвы.

При изучении человеческого жертвоприношения полезно различать жертвоприношение сакральной жертвы и жертвоприношение козла отпущения [1]. Также важным, хотя и не всегда эмпирически очевидным, является различие между самопожертвованием и принесением в жертву другого человека. В современных развитых обществах явное человеческое жертвоприношение, за исключением героического самопожертвования на войне и при спасении других людей, табуировано. В этих условиях основные элементы жертвоприношения реализуются распределенно, человеческое жертвоприношение осуществляется не в форме традиционного ритуала, а в форме его аналогов [6].

На основании вышесказанного можно сформулировать гипотезу: если человек эусоциален, врожденная предрасположенность к принятию и принесению жертвы должна проявляться уже в раннем возрасте, в формах детского поведения, аналогичного тем или иным элементам жертвоприношения. Как можно проверить эту гипотезу? Одним из способов проверки может быть анализ художественных текстов, описывающих детское поведение. Ранее мной была предложена модель ситуативной грамматики поведения и связанный с ней метод анализа художественных нарративов [5]. Текст непрерывно разбивается на фрагменты, соответствующие описаниям отдельных поведенческих ситуаций, каждое из которых состоит из явного либо неявного описания статуса персонажа, его психофизиологического состояния, обстоятельств его поведения, формы его поведения. Затем каждая ситуация кратко описывается, после чего можно сформулировать обобщенные описания



похожих типичных ситуаций и сравнивать их с описаниями типичных ситуаций у других авторов, в других обществах и культурах. Итак, если человек эусоциален, анализ рассказов о детях должен был выявить типичные для данной культуры ситуации и формы детского поведения, аналогичного принятию и принесению жертвы.

Определенную проблему представлял выбор текстов. Так как процедура анализа довольно трудоемкая, тексты не должны были быть слишком большими, но при этом должны были представлять определенную культуру и эпоху. Кроме того, как мне представлялось, они должны были быть доступны современному читателю. В итоге я остановился на ранних рассказах Н.Н.Носова и проанализировал первые его 4 рассказа в порядке их публикации в 1938 г.: «Живая шляпа», «Затейники», «Леденец», «Мишкина каша» (наиболее полную и подробную онлайн-библиографию Н.Н.Носова можно найти на сайте "Лаборатория фантастики"[2]). Эти рассказы, с одной стороны, отражают жизнь детей в совершенно определенных исторических условиях — в довоенном советском обществе конца 1930-х гг. С другой стороны, они продолжают переиздаваться в качестве детской классики и всем хорошо известны [3].

В результате анализа рассказ «Живая шляпа» был разбит на 29 ситуаций, «Затейники» — на 22 ситуации, «Леденец» — на 21 ситуацию, «Мишкина каша» — на 119 ситуаций. Около 20 из этих ситуаций могут быть интерпретированы как имеющие отношение к аналогам жертвоприношения.

Прежде всего, в рассказах Н.Носова типичная завязка состоит в том, что дети остаются одни в ситуации, являющейся своеобразным испытанием на самостоятельность, которое может быть пройдено либо успешно, либо нет: «Потом мама ушла в магазин...» («Затейники»), «Мне, кстати, завтра надо в город поехать. Я, может быть, задержусь. Проживёте тут без меня два дня? — Конечно, проживём, — говорю я. — Мы не маленькие!» («Мишкина каша»). В данном примере мы видим две последовательные ситуации: мама оставляет детей одних и спрашивает, справятся ли они без нее; сын, которого мама спрашивает, сможет ли он без нее прожить 2 дня на даче, говорит, что сможет. Вторая ситуация является прообразом сакральной клятвы, типичного ритуального элемента с формулой «Готов? — Всегда готов!», которую дети учатся воспроизводить многократно, чтобы в решительной ситуации во взрослой жизни ответить правильно. Типичным в подобных испытаниях является и обещание награды тем, кто пройдет их успешно: «Я ухожу, Мишенька, а ты веди себя хорошо. Не шали без меня и ничего не трогай. За это подарю тебе большой красный леденец» («Леденец»). Подобные детские испытания можно рассматривать как подготовку к более серьезным экзаменам и другим обрядам перехода, как воспитание готовности к тому, что и в детской, и во взрослой жизни люди будут постоянно делиться на успешно прошедших очередное испытание и тех, кто не смог этого сделать. Все ритуалы перехода включают в себя или явное жертвоприношение, или аналоги его элементов. В частности, праздник по поводу успешно пройденного испытания и получения



нового статуса часто сопровождается символическим принесением в жертву тех, кто испытание не прошел. Пройти на новую ступень — значит, помимо прочего, принять тот факт, что кто-то не смог или не захотел этого сделать, т.е. был принесен в жертву или пожертвовал собой.

Кроме того, типичной является ситуация отбора кандидата на самопожертвование. Когда группа детей хочет сделать что-то опасное, но интересное, дети предлагают друг другу это сделать до тех пор, пока самый смелый не предложит свою кандидатуру: «Ну, походи посмотри» («Живая шляпа»). Из подобных ситуаций логически вытекают формы поведения, являющиеся детским прообразом самопожертвования, подвига: «Я говорю: — Походи сними одеяло. А Валя говорит: — Нет, ты походи! Я подкрался на цыпочках к столу, дёрнул за край одеяла и бегом к двери» («Затейники»).

Также типичными является ситуации обвинения и оправдания, которые можно рассматривать в качестве аналогов осквернения и очищения, являющихся важнейшими элементами жертвоприношения. Обвинение часто принимает форму детской брани, иногда дружеской и невинной, а иногда принимающей вид обидных обзывательств. Хорошо известно, что дети склонны дразнить друг друга. Дразнилки, обзывательства и просто дружеская брань часто имеют форму явного или неявного поиска виноватого, обвинения и/или перекладывания вины с одного ребенка на другого. Дети постоянно занимаются этим, как бы проверяя способность других детей противостоять как выдуманному, так и реальным обвинениям. Тот, кто в итоге окажется виноватым или просто самым слабым в споре, может оказаться в роли кандидата на роль жертвы отпущения. «Вот видишь, — говорит, — ты думал, что воды много, а её ещё подливать приходится. — Это всё ты виноват: “Клади, говорит, побольше. Есть хочется!” — А откуда я знаю, сколько надо класть? Ты ведь говорил, что умеешь варить» («Мишкина каша»). Как только кто-то признал себя виноватым, от него требуют исправить вину, и это тоже типичная ситуация. Жертва отпущения — это тот, кто признан виновным в кризисе и принесен в жертву, чтобы все исправить.

Заключение: анализ детских рассказов Н.Носова показывает, что в детском поведении действительно обнаруживаются типичные формы, которые могут быть проявлениями склонности к принятию и принесению жертвы. Это предварительный вывод. Для того, чтобы выявить другие подобные формы и понять, являются ли они врожденными или культурно обусловленными, требуется дальнейший анализ гораздо большего объема текстов.

### **Благодарности**

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научно-исследовательского проекта РФФИ № 19 011 00872 «Философская антропология жертвы: сакрализация, управление, дизайн».



### Литература

1. Жирар Р. Козел отпущения / Пер. с фр. Г. Дашевского; Предисл. А. Эткинды. — Санкт-Петербург: Изд-во Ивана Лимбаха, 2010. — 336 с.
2. Николай Носов // Лаборатория фантастики. URL: <https://fantlab.ru/autor2168> (дата обращения: 07.03.20).
3. Носов Н.Н. Тук-тук-тук. Сборник рассказов. (Рисунки Г.И. Огородникова). — Москва: Детская литература, 1988 // Электронная библиотека ЛитМир. URL: <https://www.litmir.me/br/?b=165629> (дата обращения: 07.03.20).
4. Савчук В.В. Жертва настоящего времени // Международный журнал исследований культуры. №4 (29). 2017. С.6-17.
5. Сериков А.Е. Интерпретация поведения персонажа художественного нарратива: разметка текста и ситуативный анализ // История. Семиотика. Культура: сборник материалов Международной научной конференции, посвященной 250-летию Фридриха Шлейермахера / отв.ред. И.В.Демин. — Самара: Сам. гуманитар. акад., 2018. — 353 с. С.255-261.
6. Сериков А.Е. Современные аналоги человеческого жертвоприношения // Вестник Самарской гуманитарной академии. Серия «Философия. Филология». Самара: Сам. гуманитар. акад., №2 (26). 2019. С.68-100.
7. Уилсон Э. Эусоциальность: Люди, муравьи, голые землекопы и другие общественные животные / Пер. с англ. — Москва: Альпина нон-фикшн, 2020. — 158 с.
8. Carrasco D. 2013. Sacrifice/Human Sacrifice in Religious Traditions // The Oxford Handbook of Religion and Violence / Eds. Mark Juergensmeyer, Margo Kitts, and Michael Jerryson. — Oxford and New York: Oxford University Press, 2013: 209-235. URL: [https://dash.harvard.edu/bitstream/handle/1/34814073/Carrasco\\_Sacrifice1%20%282%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dash.harvard.edu/bitstream/handle/1/34814073/Carrasco_Sacrifice1%20%282%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (дата обращения: 07.03.20).

А.П. Слащина

## КРИТИКА ТРАНСГУМАНИЗМА С ПОЗИЦИЙ ЭНВАЙРОНМЕНТАЛИЗМА

(Самарский университет)

Феномен трансгуманизма все чаще привлекает внимание философов и социальных теоретиков в связи со стремительным развитием технологий и популяризации идей трансгуманизма. Российское Трансгуманистическое Движение одной из своих целей ставит противостояние антипрогрессивным учениям, в том числе энвайронментализму, о чем сообщает на официальной странице общества в социальных сетях. При этом оба движения активно развиваются и набирают большую популярность в России, в связи с чем особую



актуальность приобретают исследования, посвящённые поиску диалога между трансгуманизмом и энвайронментализмом.

Цель доклада состоит в рассмотрении феномена трансгуманизма с позиций энвайронментализма, поскольку трансгуманизм и энвайронментализм традиционно определяются как противостоящие движения, несмотря на то, что их объединяет общее стремление к ответственному отношению к результатам антропогенных воздействий, что является основанием для дальнейшего диалога.

Последователи трансгуманизма утверждают, что человек не является вершиной эволюции, а его природу можно изменить используя для этого новейшие технологии. Трансгуманизм пытается обосновать переход на стадию «постчеловеческого» существования с помощью достижений науки и техники. Особое внимание трансгуманистов привлекают технологические инновации образующиеся на стыке дисциплинарных областей: нанотехнологии, биотехнологии и информационных технологий. Все это стало основанием для развития концепций трансчеловека. Известна гипотеза трансгуманиста-социолога В.Кишинец о возможном следующем звене в эволюции - Nano Sapiens [1, с.17], активно используемая в научной фантастике.

Важную роль в формировании трансгуманизма в России сыграл русский космизм. Его цель «направить возможности человеческого сознания на более широкое понимание и развитие высшей, космической точки зрения на жизнь Земли, мироздания, место человека в ней» [2, с.27], что противостоит идее антропоцентризма. В отечественном трансгуманизме нашли отражение следующие идеи русского космизма - регуляция природы, ноосфера и коэволюция человека и окружающей среды.

Трансгуманисты обосновывают возможность бесконечного совершенствования человека с целью дать ему право самому решать, когда умирать и умирать ли вообще [3, с. 172], то есть развивают антропоцентрические идеи Возрождения и Нового времени о человеке – творце, а природе – «мастерской». В связи с этим перед современной философией стоит проблема этико-аксиологического измерения новейших достижений, которые нарушают баланс системы «человек-общество-природа», изменяя физическую «природу» человека, устанавливая генетический контроль будущих поколений.

Опасность, исходящая от трансгуманизма, с его экзистенциальными идеями о человеке, как собственном проекте, вызывает критику не только со стороны религиозных движений, но и энвайронментализма.

Ввиду этого особое значение имеет работа Ганса Йонаса «Принцип ответственности». По мнению Йонаса, в сложившейся ситуации природа становится зоной ответственности человека, для сохранения которой следует оценивать возможные последствия с помощью гипотетических мысленных экспериментов, вплоть до обращения к футурологии и научной фантастики, так как: «ни одна предшествующая этика не научит нас нормам добра и зла, которые вместили бы совершенно новые модальности власти и ее возможных



творений. Целина коллективного праксиса, на которую мы вступаем с высокими технологиями, является для этической теории еще неведомой землей»[4, с.159].

Важной составляющей в работе Йонаса является так называемая «эвристика страха», выражающаяся в том, что: «Не существует никакого внутреннего противоречия в представлении о том, что человечество однажды перестанет существовать, и тем самым не существует никакого внутреннего противоречия в представлении, что счастье нынешних или ближайших поколений может быть куплено несчастьем или даже небытием позднейших» [4, с.35]. Так, страх перед смертью становится необходимым элементом ответственности ввиду угрозы существованию человечества. Большая власть над природой обязывает нас взять на себя большую ответственность за неизменность собственной природы и существование человечества.

Следует отметить, что не только работа Йонаса призывает к разумному синтезу трансгуманизма и энвайронментализма. Так, возвращаясь к роли русского космизма стоит сказать, что в то же время в Советском Союзе Н.Н. Моисеев занимался исследованием возможных антропогенных последствий, что привело его к идее провозглашения «экологического императива», отождествляемого с понятием ноосферы В.И. Вернадского. Истоком «экологического императива» считают Н.Ф. Федорова, так он писал: «Мир идет к концу, а человек своей деятельностью даже способствует приближению конца, ибо цивилизация эксплуатирующая, но не восстанавливающая, не может иметь иного результата, кроме ускорения конца» [5, с.86]

В свою очередь философы также задаются вопросом о том, как можно испытывать ответственность перед будущим, если оно недоступно нашему опыту и разуму. Прекрасный ответ на этот вопрос даёт в своей работе А.С. Железнов : «Ответственность перед будущим – это попытка усмотреть во всех своих действиях открытость, через которую это будущее наступает»[6, с.112].

Таким образом можно утверждать, что несмотря на противостояние трансгуманизма и энвайронментализма существуют все условия для их гармоничного синтеза. Более того, ввиду ответственности стоящей перед трансгуманизмом, этот синтез необходим, на что указывают работы как западных учёных, так и представителей русского космизма. В постсовременном обществе, только благодаря общим усилиям возможно развитие технологий без угрозы окружающей среде и человеку.

### Литература

1. Икеин, Радимил. Nano Sapiens или Молчание небес / Радимил Икеин. – М. : БЕРАТЕХ, 2005. – 172 с.
2. Хабибуллина З. Н. Мировоззренческая парадигма русского космизма : социально-философский анализ : социально-философский анализ : диссертация доктора философских наук : [Место защиты: Башкирский государственный университет]. – Уфа, 2011. – 378 с.



3. Гребенщикова Е. Г. Философско-методологическое обоснование трансдисциплинарной парадигмы в биоэтике: диссертация доктора философских наук: [Место защиты: Институт философии РАН]. – Москва, 2012. – 282 с.

4. Принцип ответственности : Опыт этики для технол. цивилизации ; Наука как персональный опыт / Ганс Йонас ; пер. И.И. Маханькова. – М. : Айрис-пресс, 2004. – 479 с.

5. Усольцев В.А. Русский космизм и современность. 3-е изд.- Екатеринбург: УГЛТУ, 2010. – 570 с.

6. Железнов А.С. Ответственность перед будущим, которого нет. Историческая ответственность: от мифов прошлого к стратегиям будущего. Сборник научных статей I международной научной конференции. – Екатеринбург : Деловая книга, 2016. – 214с.

Г.А. Трафимова

## ЦИФРОВОЕ НЕРАВЕНСТВО КАК ФЕНОМЕН СОВРЕМЕННОГО ОБЩЕСТВА

(Самарский университет)

Технологическое развитие современного общества и, прежде всего, развитие сферы информационных технологий, неизбежно приводит к появлению многочисленных цифровых феноменов. Среди них наибольшую известность получили те, которые связаны с трансформацией экономической сферы общества. Осмысление возможностей современных и перспективных информационно-коммуникационных технологий стало основой для появления цифровых трансформаций в экономике. Становление цифровой экономики - одно из приоритетных направлений для большинства стран, прошедших путь от построения базовой информационно-коммуникационной инфраструктуры до формирования скоординированной политики в этой сфере.

Процессы цифровизации не ограничиваются только экономической сферой, они в той или иной степени проявляются в политической, правовой, социальной сферах, а также в сферах культуры, образования, науки и медиа. С каждым днем множатся примеры того, как процессы цифровизации проявляют себя и на глобальном уровне, и на уровне отдельных стран, социальных общностей и организаций, на уровне межличностных коммуникаций. Именно широкое внедрение цифровизации на различных уровнях социальной системы позволяет говорить о формировании цифрового общества, о появляющихся «цифровых дивидендах» как выгодах от использования новых технологий [1]. При этом важнейшими факторами развития цифрового общества являются не столько технологические, сколько организационные, экономические, политические, социальные и социально-психологические аспекты.



В последнее время особое внимание обращают на себя технологии, получившие наименование «подрывных» (disruptive), — технологии искусственного интеллекта, робототехника, Интернет вещей, технологий беспроводной связи и др. Их внедрение, по оценкам, способно повысить производительность труда в компаниях на 40% [2]. Одновременно это приведет к трансформации целых отраслей экономики и прямо повлияет на снижение или увеличение уровня технологического неравенства.

Примером таких технологий могут служить робототехника и технологии искусственного интеллекта. С точки зрения глобальных технологических трендов, развитие робототехники и искусственного интеллекта может стать новой технологической гонкой XXI века, поскольку эти сферы осознаются в качестве драйвера экономического роста, инструмента повышения качества жизни людей. При этом исследования показывают увеличение вероятности массовой ликвидации рабочих мест вследствие автоматизации и роботизации [2;3]. Согласно экспертным оценкам, при благоприятных обстоятельствах, около половины рабочих мест в мире и в России может быть автоматизировано к 2025—2035 гг. [4, с. 2]. Однако в разных странах и регионах потенциал автоматизации и социальные последствия этого процесса существенно различаются, например, страны, которые инвестируют существенные средства в робототехнику, теряют меньше рабочих мест, чем те, кто этого не делает. Создание роботов и робототехнических систем приводит не только к сокращению рабочих мест, но и к появлению новых, преимущественно, высокотехнологичных. Так, страны с самым высоким уровнем роботизации промышленности (Китай, Япония, Южная Корея, США, Германия, Тайвань) имеют самый низкий уровень безработицы. В этом плане крайне важно принятие перспективных программ трансформации рынков труда с учетом не только экономических, политических, технологических трендов, но и с учетом демографических, социально-психологических и социально-культурных факторов общественного развития. При этом одним из факторов, которые необходимо учитывать – фактор технологического и цифрового неравенства.

Понятие цифрового неравенства первоначально получило известность в виде термина «цифровой разрыв» (digital divide), который начал широко использоваться после публикации серии отчетов Национального управления по телекоммуникациям и информации Министерства торговли США, начиная с конца 1990-х гг. В этих отчетах был показан разрыв между теми, кто имеет и кто не имеет доступа к новым технологиям и делался вывод о появлении новой проблемы в области экономических и гражданских прав людей [5].

В настоящее время выделяют следующие виды измерения цифрового разрыва как формы неравенства: технологическое, социальное, экономическое. Остановимся на примере социального измерения, когда цифровой разрыв рассматривается в зависимости от социального статуса, культурных и политических особенностей, географической локации и т.д. При таком подходе факторами, ограничивающими доступ к цифровым технологиям рассматриваются уровень доходов и образования, возраст, территория



проживания. В свою очередь, понятие «цифровой разрыв второго уровня» (second-level digital divide) под вторым уровнем неравенства подразумевает различия в цифровых навыках людей и, как следствие, в цифровой компетентности. Так, исследования начала 2000-х гг. показали, что более высокий уровень образования позволяет использовать доступ к цифровым технологиям более эффективно с точки зрения профессиональных и социальных перспектив [6].

О цифровом неравенстве в зависимости от территории проживания и имеющихся доходов свидетельствуют результаты социологических опросов компании Gallup. Так, проведенные в конце 2019 г. и начале 2020 г. опросы показали, что в целом по миру 56% взрослых людей сообщили об имеющихся у них возможностях выхода в Интернет [7]. Однако по разным территориям этот доступ остается довольно неравномерным. Если в США и Канаде в 2019 г. доступ к Интернету имели 94% опрошенных, то в странах ЕС – 87%, в странах Ближнего Востока и Северной Африки – 63%, а в странах Южной Азии – 21%. При этом основным средством получения доступа в Интернет для жителей стран с низким и средним уровнем дохода являются мобильные устройства. В то же время, по данным исследователей, в развитых странах на 100 жителей приходится в два раза больше домашних хозяйств с компьютером, чем в развивающихся странах.

В этом плане можно говорить еще об одном аспекте цифрового неравенства, поскольку наличие домашних компьютеров, имеющих доступ в Интернет, позволяет людям иметь дистанционную работу. Но подключение к Интернету только через мобильное устройство может не позволить удаленно работать или учиться. Таким образом, возможность или невозможность иметь дистанционную работу становится одной из форм социального неравенства в современном обществе.

Эта проблема широко проявляет себя в настоящее время, когда множество работников в различных странах мира переведены на дистанционную форму работы, а учащиеся – на дистанционное обучение. Кроме того, все чаще проявляется и социально-психологический аспект дистанционной работы и дистанционного образования. Часть дистанционных сотрудников проявляют недовольство такой формой работы, испытывая дискомфорт и негативные психологические последствия.

Общественный резонанс вызывает использование цифровых сервисов для организации социальной жизни в период эпидемии коронавируса. Так, в условиях эпидемии коронавируса в ряде российских регионов апробируется система цифровых пропусков для передвижения людей. Предполагается, что человек, получивший посредством Интернет-портала региональной власти уникальный ID (QR-код), получает возможность передвигаться по определенной территории с помощью личного и общественного транспорта. В свою очередь, те, кто по каким-либо причинам не смогли получить подобный пропуск, лишаются возможности такого передвижения. Одновременно значительная часть жителей (например, государственные и муниципальные



служащие) избавлена от необходимости получать «цифровые пропуска» [8]. Поскольку заложенная в этой логике система неравенства связана с возможностью использовать цифровые сервисы, речь идет об очередной форме цифрового неравенства. Помимо этого, проблему обостряет вероятность массовой утечки персональных данных при использовании этой системы и рассмотрение ее как формы «цифровой диктатуры».

Многие инструменты цифрового контроля массово не используются в настоящее время только по политическим и правовым причинам. В этом плане у различных государств есть собственный опыт, который будет трансформировать и систему государственного управления, и систему социальных институтов. Несомненно, что в ближайшее время процессы цифровизации будут еще более масштабными, а цифровая трансформация затронет все новые сферы. При этом результаты цифровых трансформаций во многом будут зависеть от того, каким образом будет решаться проблема существования различных форм цифрового неравенства.

### Литература

1. World development report 2016: Digital dividends. Washington, DC: World Bank. URL: <http://documents.worldbank.org/curated/en/224721467988878739/pdf/102724-WDR-WDR2016Overview-RUSSIAN-WebRes-Box-394840B-OUO-9.pdf> (дата обращения 20.03.2020).
2. Digital economy report 2019. Value creation and capture: implications for developing countries. Unctad. URL: [https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/der2019\\_en.pdf](https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/der2019_en.pdf) (дата обращения: 15.03.2020).
3. Зоргнер А. Автоматизация рабочих мест: угроза для занятости или источник предпринимательских возможностей? // Форсайт. 2017. Т. 11. № 3. С. 37–48. [Электронный документ]. URL: <https://foresight-journal.hse.ru/2017-11-3/209596174.html> (дата обращения 20.03.2020).
4. Земцов С. Роботы и потенциальная технологическая безработица в регионах России: опыт изучения и предварительные оценки // Вопросы экономики. 2017. №7. С.1-16.
5. Falling Through the Net: A Survey of the Have Nots in Rural and Urban America. July 1995. URL: <https://www.ntia.doc.gov/ntiahome/fallingthru.html>; Falling Through the Net II: New Data on the Digital Divide. July 1998. URL: <https://www.ntia.doc.gov/report/1998/falling-through-net-ii-new-data-digital-divide> (дата обращения 20.03.2020).
6. Robinson J.P., DiMaggio P., Hargittai E. New Social Survey Perspectives on the Digital Divide. IT&Society, Vol. 1, Issue 5, Summer 2003, PP. 1-22. URL: <http://www.ITandSociety.org>
7. Internet Access at New High Worldwide Before Pandemic. URL: [https://news.gallup.com/poll/307784/internet-access-new-high-worldwide-pandemic.aspx?utm\\_source=alert&utm\\_medium=email&utm\\_content=morelink&utm](https://news.gallup.com/poll/307784/internet-access-new-high-worldwide-pandemic.aspx?utm_source=alert&utm_medium=email&utm_content=morelink&utm)



m\_campaign=syndication&fbclid=IwAR111NUfFIJvvWixV4ULsvRaXHYtJWglQ4bTwqBjseUdfu6-PaNuLs3FSnY (дата обращения 09.04.2020).

8. Указ Мэра Москвы № 43-УМ от 11.04.2020 «Об утверждении Порядка оформления и использования цифровых пропусков для передвижения по территории города Москвы в период действия режима повышенной готовности в городе Москве» [Электронный документ].

9. URL: [https://www.mos.ru/upload/documents/docs/43-UM\(2\).pdf](https://www.mos.ru/upload/documents/docs/43-UM(2).pdf) (дата обращения 11.04.2020).



## ЦИФРОВИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ В СОЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

С.Д. Асеева, Е.Н. Асеева, О.А. Авдеюк

### АКТУАЛИЗАЦИЯ ГРАФИЧЕСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ ПРИ ОБУЧЕНИИ МОДЕЛИРОВАНИЮ ДЛЯ ПЕЧАТИ НА 3D-ПРИНТЕРЕ

(Волгоградский государственный технический университет)

При современном уровне развития вычислительной техники актуальным стоит вопрос использования 3D-принтера для создания наглядных 3D-моделей поверхностей. Раздел «Поверхности» начертательной геометрии является одним из наиболее сложных для восприятия студентами. Ими выполняются графические работы, заключающиеся в построении по заданному определителю поверхности (рис. 1,а), каркаса поверхности (рис. 1,б) и ее очерки (рис. 1,в).

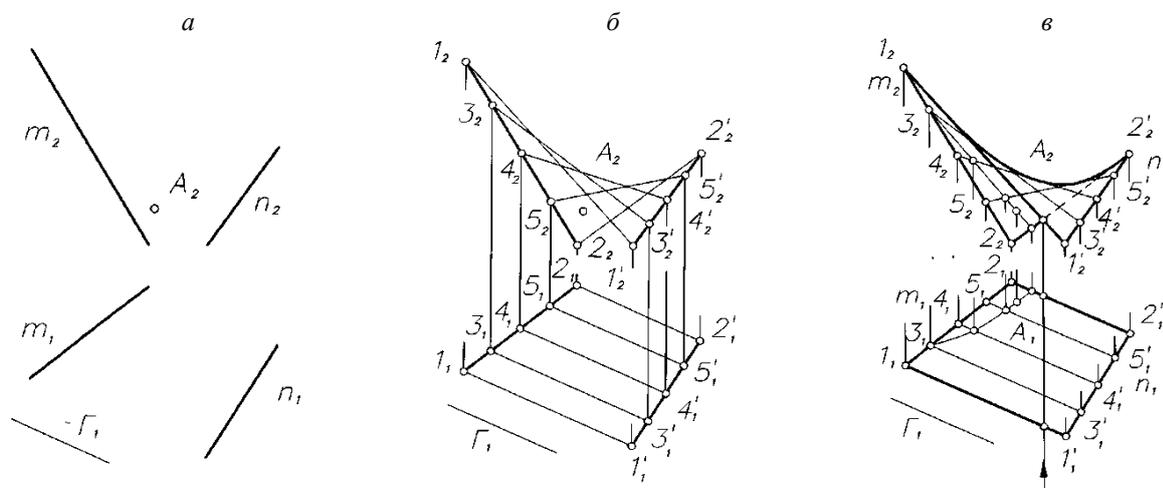


Рис. 1 [1]

И даже после построения очерков наглядность изображения не позволяет студентам, на их уровне развития пространственного воображения, представить истинную форму поверхности. Для этого преподавателям необходимо владеть современными компетенциями: «Умение строить 3D модели» и «Использование 3D-печати для выполнения натуральных моделей (при наличии соответствующего оборудования)». Возникает необходимость осваивать современные технологии профессионально-педагогической деятельности [2].

Рассмотрим создание твердотельной модели гиперболического параболоида для печати.



Кроме рассмотренного выше способа задания гиперболического параболоида двумя прямолинейными направляющими и плоскостью параллелизма эта поверхность может быть определена неплоским четырехугольником.

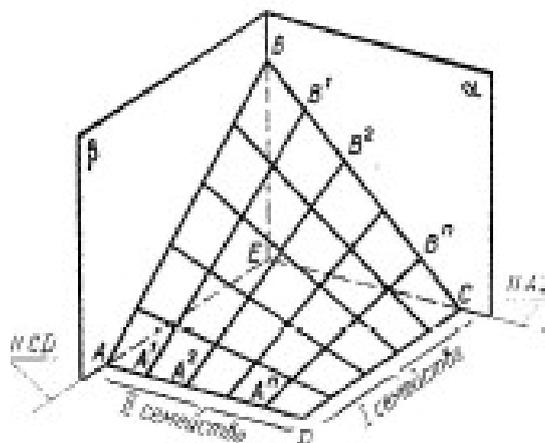


Рис. 2

Пусть дан неплоский четырехугольник  $ABCD$  (рис. 2). Две противоположные стороны его, например  $AB$  и  $CD$ , можно принять в качестве направляющих, тогда две другие,  $AB$  и  $BC$ , определяют положение плоскости параллелизма. На данном чертеже такой плоскостью является плоскость  $\alpha$  [4].

Для того, чтобы построить гиперболического параболоида в SolidWorks необходимо достаточно малое количество действий.

Выбираем рабочую плоскость и создаём на ней эскиз. В этом эскизе создадим прямоугольник с произвольными размерами (рис. 3).

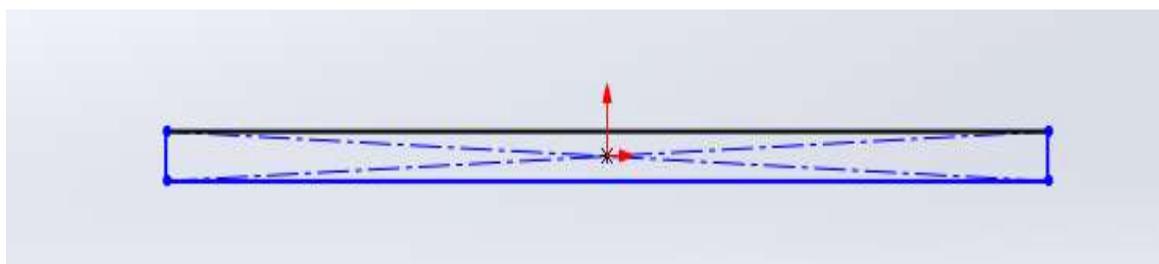


Рис. 3

Далее, необходимо создать новую плоскость на некотором расстоянии от той, на которой расположен прямоугольник. На новой плоскости так же строим прямоугольник, но повернутый на  $90^\circ$  (рис. 4).

В качестве профилей для построения выбираем созданные ранее прямоугольники. При выборе профилей можно включить режим предварительного просмотра и сразу увидеть фигуру, которая будет создана (рис. 5). После завершения работы с инструментом «Бобышка/основание по сечениям» мы получим готовую фигуру (рис. 6).

После завершения работы с инструментом «Бобышка/основание по сечениям» мы получим готовую фигуру (Рисунок 7)

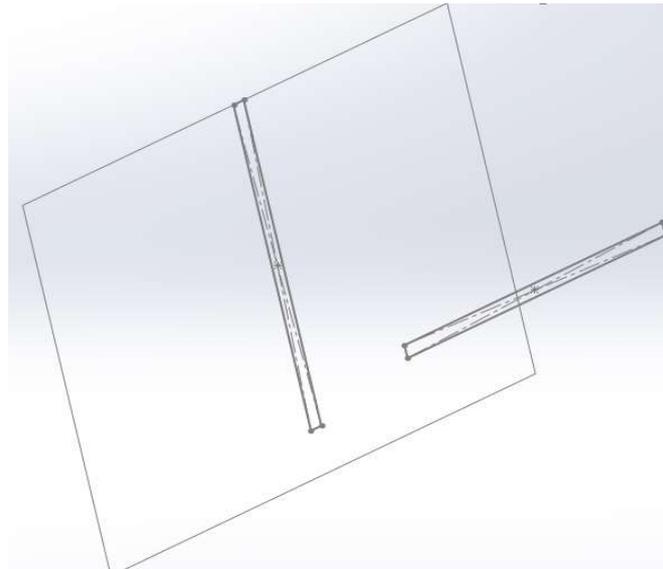


Рис. 4

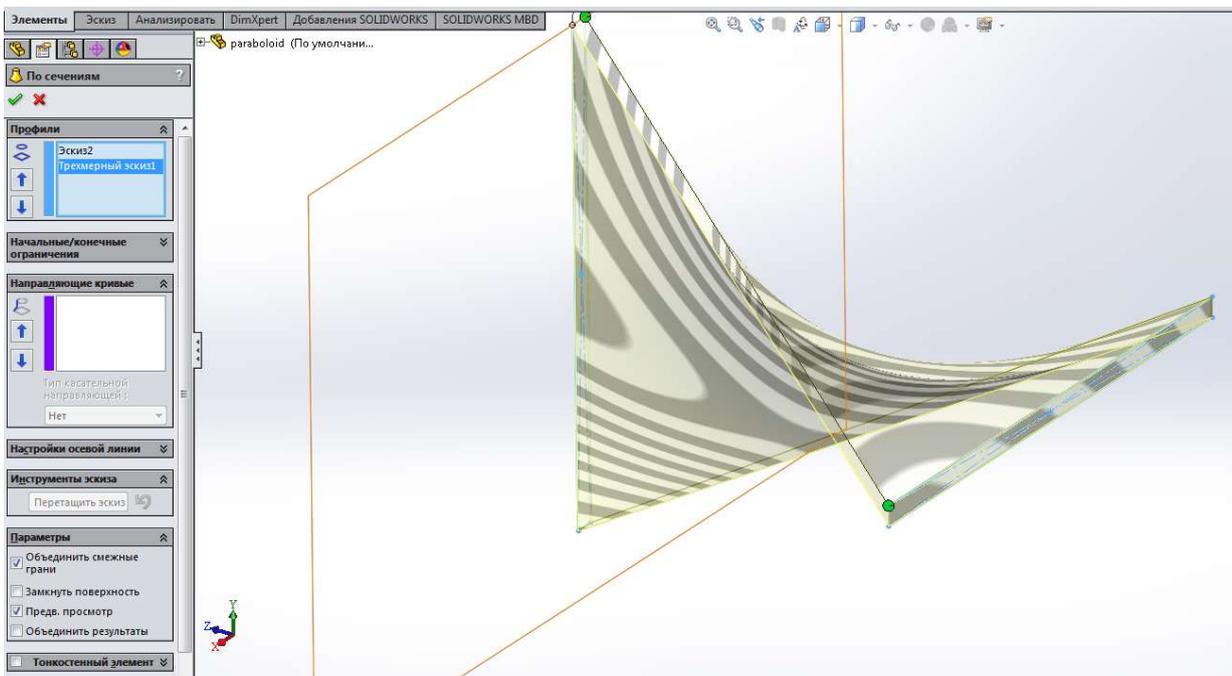


Рис. 5

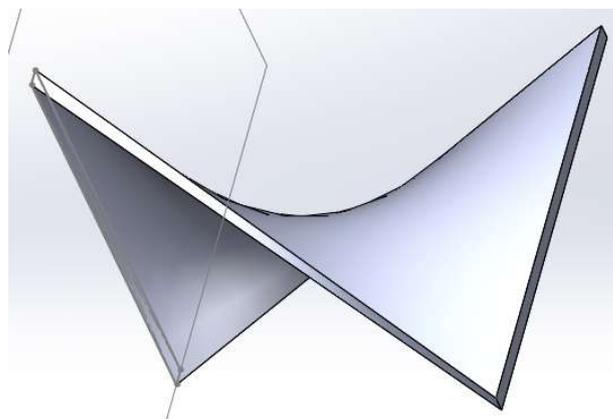


Рис. 6



Далее, для печати по технологии послойного наплавления необходимо сохранить полученную модель в бинарный формат .stl и загрузить в программу для конвертирования твердотельной модели в послойную и генерации соответствующего g-кода.

После подготовки модель отправляется на печать. На рисунке 7 представлена фотография готовой модели поверхности гиперболического параболоида.

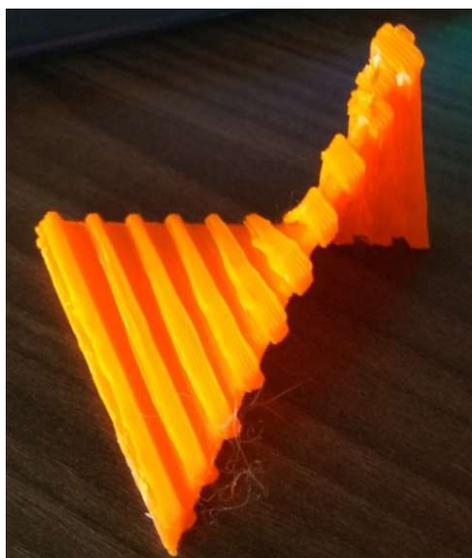


Рис. 7

Построение двумерных чертежей поверхностей является обязательным при выполнении семестрового задания. Построение 3д модели и печать выполняется студентами в качестве в УИРС (учебно-исследовательской работы).

Таким образом, 3д моделирование способствует формированию и развитию логического типа пространственного мышления [3] студентов. Приобретение навыков подготовки моделей к печати дает возможность приобрести новые графические компетенции как преподавателем, так и студентам.

### Литература

1. Асеева, Е. Н. Задание и конструирование поверхностей спецмашин на комплексном чертеже : учеб. пособие / Е. Н. Асеева, Г. В. Ханов; под ред. проф. Г. В. Ханова; ВолгГТУ. – Волгоград, 2008. 56 с.

2. Асеева Е. Н., Асеева С. Д., Марчук Д. В. Компетентностный подход к повышению эффективности работы преподавателя графических дисциплин // Молодой ученый. — 2018. — №46. — С. 269-271. — URL <https://moluch.ru/archive/232/53952/> (дата обращения: 23.04.2019).

3. Алгоритмы и программные средства машинной графики для построения и визуализации твердотельных моделей [Электронный ресурс] / Е.Н. Асеева, О.А. Авдеюк, С.Д. Асеева, Д.Н. Авдеюк // Инженерный вестник



Дона : электронный научный журнал. - 2019. - № 1. – 8 с. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5496>.

4. Начертательная геометрия: учеб. для вузов / Н. Н. Крылов, Г.С. Иконникова, В.Л. Николаев, Н.М. Лаврухина ; под. ред. Н.Н. Крылова. – 6 изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1990. – 240 с.

В.В. Ворошилов, Н.В. Башарин

## ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА КЛАСТЕРИЗАЦИИ И КЛАССИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ В СЛАБОФОРМАЛИЗУЕМЫХ ОБЛАСТЯХ

(Самарский государственный технический университет)

С развитием информационных технологий в современном мире информатизация проникает во все области человечества. И все больше и больше растет гетерогенность информации доступной для обработки и анализа [1]. Появляются новые структуры данных описывающие объекты в слабоформализуемых областях. Эти структуры представляют новые возможности и интерес по их использованию в анализе таких объектов. Одними из таких задач являются задачи кластеризации и классификации.

Традиционные методы кластеризации и классификации работают с объектами, характеристики которых формально определены и заданы в виде определенных значений, формируя кластерные решения, например, на основе оценки расстояний между объектами и центрами кластеров. Такой подход не позволяет эффективно осуществлять анализ объектов в слабоформализуемых областях [2], где, например, по той или иной причине невозможно четко определить расстояние между объектами или нарушается правило треугольника. В связи с этим, актуальной задачей является разработка подходов и методов кластеризации и классификации, способных учитывать слабоформализованую природу объектов.

В работе рассматривается подход кластеризации и классификации объектов на основе анализа тепловых карт их поведения. В качестве апробации работы использованы две области применения задач:

- анализ поведения пользователя в интернете на информационном ресурсе;
- анализ позиционных действий игрока в командных видах спорта.

Классификация и кластеризация пользователя информационного ресурса является не тривиальной задачей. Частично это решается путем регистрации пользователя и требованием дальнейшей авторизации, но это покрывает только часть пользователей и покрывает только формальные характеристики пользователей, например, пол, возраст или платформу выхода в интернет [3]. Анализ тепловых карт поведения пользователя на ресурсе позволяет выявить неформальные характеристики пользователя, например, предметный интерес



или скорость анализа ресурса. Значения таких неформальных характеристик широко используются в маркетинге и в разработке информационных продуктов, рисунок 1 [4].

В работе предлагается подход кластеризации и классификации теплокарт поведения объектов на основе использования нейронной сети.



Рис. 1. Тепловая карта зрительного внимания пользователя Интернет магазина

Разработанная нейронная сеть имеет сверточную модель и состоит из четырех сверточных слоев, рисунок 2: двух слоев подвыборки; трех слоев регуляции «dropout»; слоя подготовки и преобразования данных; полносвязного слоя для классификации и выходного слоя. На выходе получается такое же количество нейронов, сколько определено классов для обучения. Для обучения нейронной сети используется размер мини-выборки равный ста двадцати восьми. В результате обучения доля правильных ответов для обучающей выборки составила 98,77%, а для тестовой выборки 88,89%.

```
1 model = Sequential()
2 model.add(Conv2D(32, (4, 4), padding='same',
3                 input_shape=(32, 32, 3), activation='relu'))
4 model.add(Conv2D(32, (4, 4), activation='relu', padding='same'))
5 model.add(MaxPooling2D(pool_size=(2, 2)))
6 model.add(Dropout(0.25))
7 model.add(Conv2D(64, (4, 4), padding='same', activation='relu'))
8 model.add(Conv2D(64, (4, 4), activation='relu'))
9 model.add(MaxPooling2D(pool_size=(2, 2)))
10 model.add(Dropout(0.25))
11 model.add(Flatten())
12 model.add(Dense(512, activation='relu'))
13 model.add(Dropout(0.5))
14 model.add(Dense(nb_classes, activation='softmax'))

1 model.compile(loss='categorical_crossentropy',
2               optimizer='adam',
3               metrics=['accuracy'])

1 model.fit(x_train, y_train,
2           epochs=60,
3           validation_split=0.1,
4           shuffle=True,
5           verbose=2)
```

Рис. 2. Модель нейронной сети в Google Colaboratory



На основе предложенной модели была разработана информационная система классификации и кластеризации поведения пользователя на информационно-новостном ресурсе «Новая газета», рисунок 3. Система позволяет классифицировать пользователя по его поведению с выделением вероятностной оценки для каждого возможного класса. Для этого ресурса можно выделить 4 основные квалификационные группы пользователей:

- читающих преимущественно заголовки;
- читающих преимущественно основной контент страницы;
- читающих преимущественно блок рекомендаций;
- читающих преимущественно комментарии.

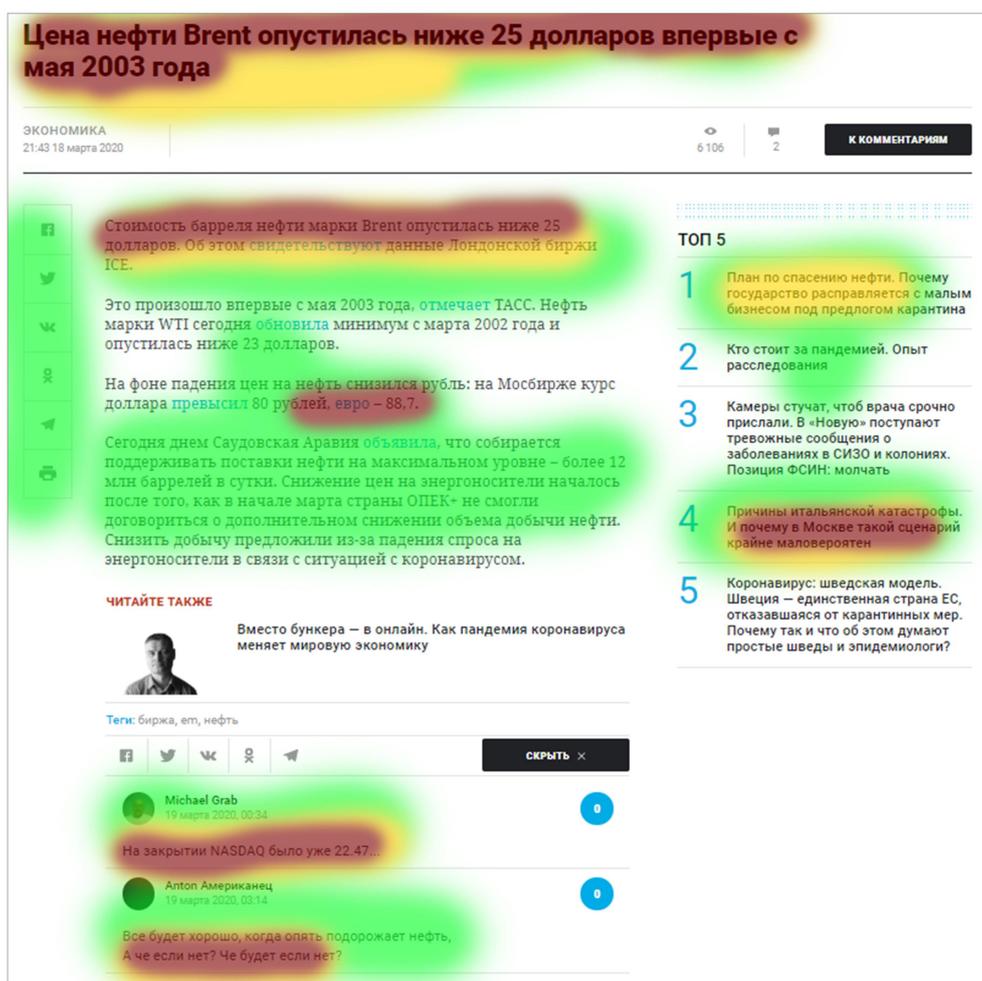


Рис. 3. Пример тепловой карты пользовательского визуального анализа новостной статьи «Новой газеты»

Информационная система представляет собой клиент-серверное приложение: серверная часть написана на языке `c#` с использованием «asp.net core» веб фреймворка; клиентская часть написана на языке `typescript` с использованием «angular» фреймворка. Система развернута на бесплатном хостинге «azure».

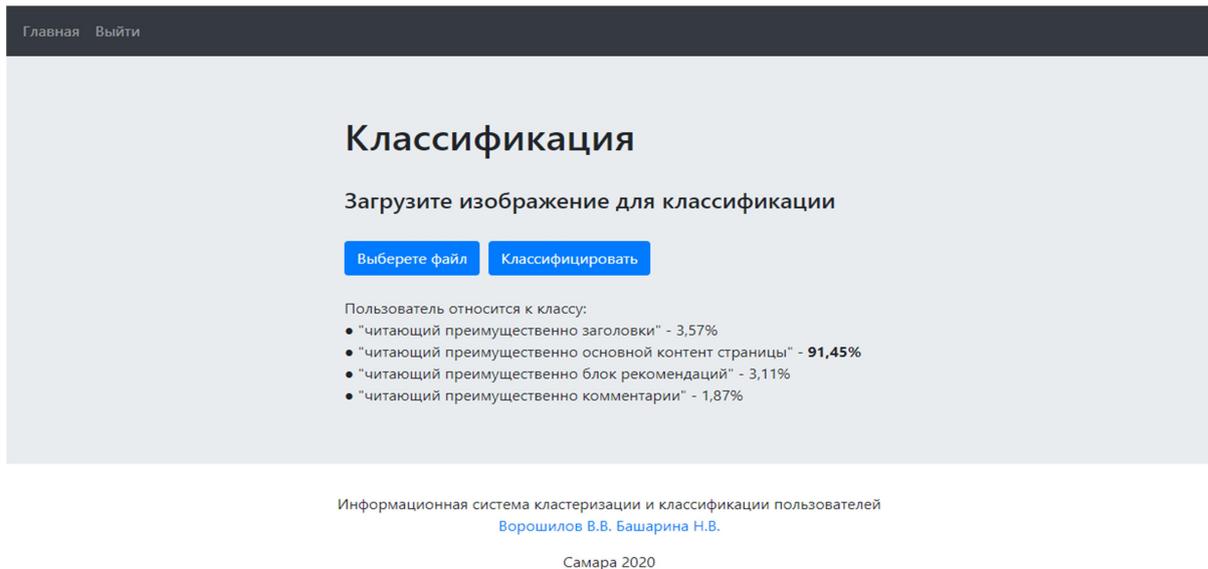


Рис. 4. Экран результата классификации пользователя  
информационного ресурса

Качество результата классификации и кластеризации поведения пользователей на информационном ресурсе, на основе теплокарт визуального анализа, определяется совокупностью оценок: качества обучения нейронной сети (определяется количеством обучающей выборки и составляет 98,7%); полнотой заполненности классификатора поведения пользователя (определяется экспертной оценкой и составляет 100%).

### Литература

1. Рост объема информации - реалии цифровой вселенной // Технологии и средства связи. - 2013. - №1. - С. 24.
2. Определение ИИ. Определение слабоформализуемых задач и их примеры. Определение сложных систем [Электронный ресурс] /. — Электрон. текстовые дан. — Режим доступа: <https://studfile.net/preview/986657/>, свободный (дата обращения 08.04.2020)
3. Три основных модели поведения мобильных пользователей [Электронный ресурс] / Александр Мельник. — Электрон. текстовые дан. — Режим доступа: <https://ain.ua/2012/04/23/tri-osnovnyx-modeli-povedeniya-mobilnyx-polzovatelej/>, свободный (дата обращения 08.04.2020)
4. Школа интернет-маркетинга: Для чего нужны тепловые карты? [Электронный ресурс] /. — Электрон. текстовые дан. — Режим доступа: <https://lpgenerator.ru/blog/2016/01/11/shkola-internet-marketinga-dlya-chego-nuzhny-teplovye-karty/>, свободный (дата обращения 08.04.2020)



А.В. Иващенко, Е.А. Додонова, С.А. Корчивой

## ОНТОЛОГИЯ ИНФРАСТРУКТУРНОГО ВОЗВРАТА ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

(Самарский государственный технический университет)

Основным средством построения и развития цифровой экономики в России и за рубежом является трансформация бизнеса путем внедрения современных информационно-коммуникационных технологий. Технологическая основа цифровой экономики является главным и системообразующим фактором ее существования. Главная роль информационных и коммуникационных технологий подчеркивается в основных программах развития экономики Российской Федерации и повышения конкурентоспособности на мировых рынках [1, 2].

Взаимодействие поставщиков и потребителей услуг цифровой экономики производится преимущественно в информационном пространстве, что обеспечивает сверхнизкие транзакционные издержки [3]. Это обуславливает появление качественно новых типов услуг и экономических отношений, что в свою очередь, требует новых подходов к управлению в цифровых социальных и экономических системах.

Субъекты цифровой экономики с одной стороны могут быстро находить партнеров и заключать электронные контракты, получая удаленный доступ к максимальному количеству предложений. С другой стороны, они также легко могут выходить из соглашений, в случае, когда это выгодно, разрушая при этом длинные цепочки эффективного взаимодействия. При этом данная активность происходит в информационном пространстве под наблюдением всего сообщества, что и определяет правила и стратегии сотрудничества.

В этих условиях на базе существующей теории управления в социальных и экономических системах [4] могут быть сформированы новые подходы по цифровизации взаимодействия в сфере услуг. В частности, была разработана модель инфраструктурного возврата [5 – 7], описывающая процесс формирования услуг на основе развивающейся информационно-коммуникационной инфраструктуры.

В цифровой экосистеме новые типы услуг образуются с помощью комбинирования уже существующих сервисов с известными поставщиками и инфраструктурой. Этот эффект описывается при помощи эмиссии сервисов, когда подмножество существующих сервисов и событий обращения к ним приводят к появлению новых возможностей взаимодействия за счет пересечения или объединения без непосредственного расширения инфраструктуры:

По результатам анализа существующих тенденций по цифровизации (см. Таблицу 1) была предложена оригинальная система показателей развития цифровой экономики (см. Таблицу 2).



Таблица 1. Цифровая экономика как этап научно-технического прогресса

<b>Направление научно-технического прогресса</b>	<b>Механизация (и электрификация)</b>	<b>Автоматизация</b>	<b>Информатизация</b>	<b>Цифровизация</b>
Основная идея	Применение устройств (машин) для преобразования энергии в работу	Применение саморегулирующих технически средств и алгоритмов для замены человека при выполнении операций	Применение информационно-коммуникационных технологий и кибернетики для системной интеграции информационных ресурсов	Применение Интернета и искусственного интеллекта для предоставления неограниченных возможностей взаимодействия в виртуальном пространстве
Область применения	Повторяющиеся трудоемкие операции (преимущественно на производстве)	Производство; Планирование; Бизнес-процессы; Научные исследования; Образование.	Постиндустриальное информационное общество	Электронная коммерция (деньги); Электронный бизнес; Цифровое общество; Цифровые услуги.
Результат	Повышение производительности труда и качества продукции	Устранение человеческого фактора	Повышение эффективности организации деятельности человека, группы и общества	Появление нового типа экономических и социальных отношений
Роль человека в бизнес-процессах	Выполнение	Управление	Принятие решений	Участие

Новая методика направлена на расчет показателей, дополняющих существующие индикаторы с целью углубленного анализа возможностей организаций, возникающих в связи с цифровой трансформацией.

Построение такой экосистемы может быть произведено с использованием современных технологий инженерии знаний [8]. В частности, для сферы услуг была разработана онтология, позволяющая генерировать возможные предложения на основе комбинации существующих сервисов в соответствии с принципом инфраструктурного возврата.

Разработанная в результате онтология (RDF схема построена в системе Protégé) проиллюстрирована на Рис. 1. Соответствующая информационно-логическая модель такого решения приведена на Рис. 2 в виде диаграммы классов. На основе анализа базовых закономерностей система рекомендует пользователям услуг комбинирование различных сервисов с целью оптимизации расходов и получения максимального качества.



Таблица 2. Альтернативные показатели цифровизации

Свойство цифровой экосистемы	Особенности	Показатели
Продуктивность	Инфраструктура цифровой экономики способствует внедрению цифровых отношений в реальную жизнь. Пользователю должно быть удобно создавать своих цифровых представителей и интегрировать их в реальные социальные и экономические системы.	Цифровая рождаемость и выживаемость цифровых личностей (двойников)
Консистентность	Цифровая экономика должна предоставлять человеку адекватные и справедливые законы взаимодействия, когда все участники происходящих процессов одинаково понимают и принимают «правила игры»	Количество «фейков»
Самодостаточность и способность к саморегуляции	Развитие информационно-коммуникационной инфраструктуры не должно приводить к «напластованию» процессов, дублированию и избыточности электронных сервисов	Оригинальность процессов, дублирование и способность к персонификации
Инфраструктурный возврат	Существующие объекты информационно-коммуникационной инфраструктуры должны позволять генерировать на своей основе новые типы и виды комплексных услуг	Эмиссия сервисов
Информационная безопасность	Отсутствие внутренних рисков и устойчивость к внешним угрозам	Риски безопасности

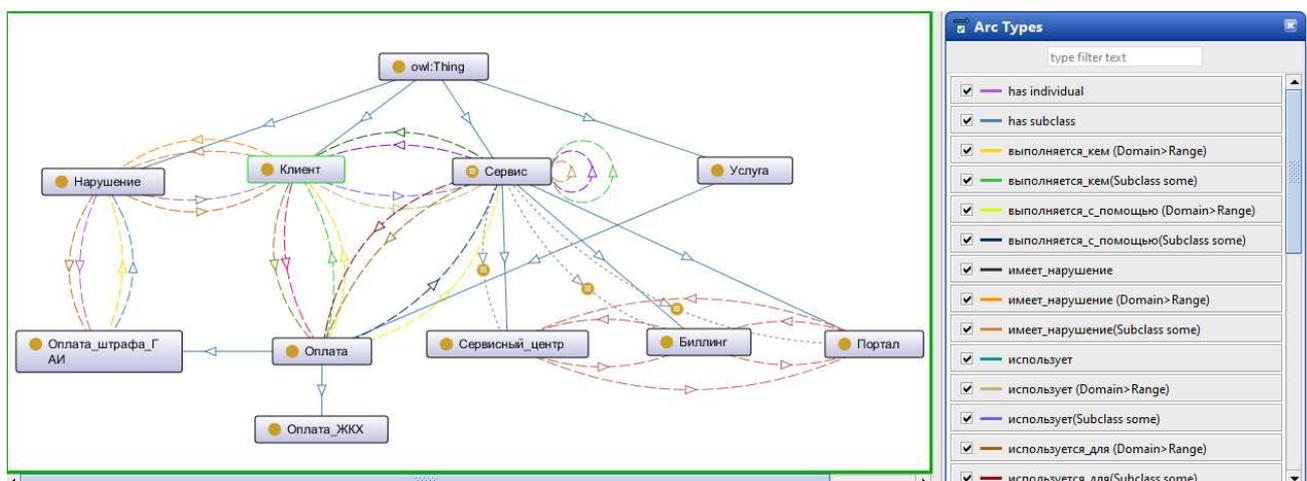


Рис. 1. Онтология сферы услуг

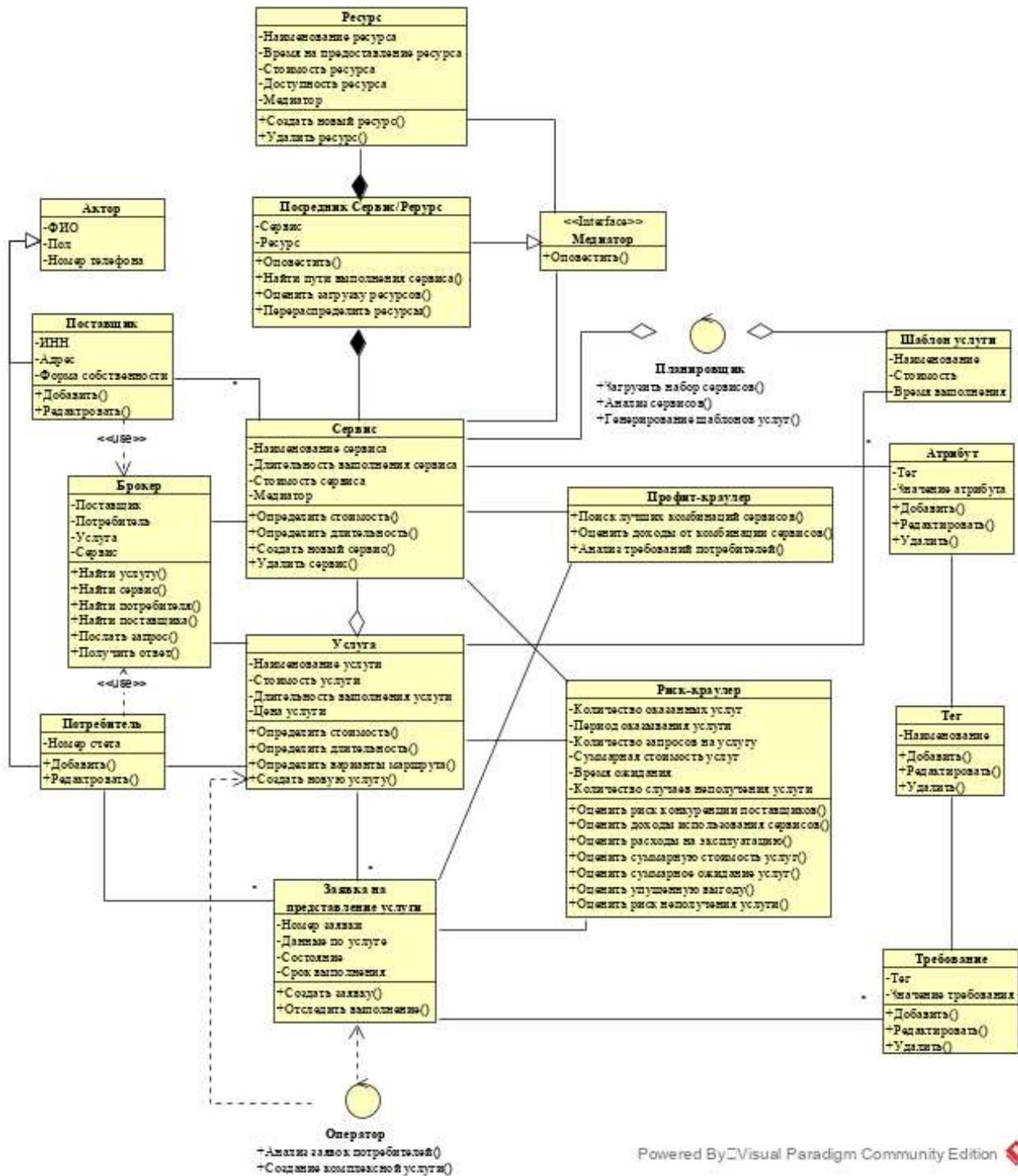


Рис. 2. Информационно логическая модель цифровой экономики для сферы услуг

В результате была подтверждена возможность поддержки принятия решений по развитию и мониторингу проектов цифровизации сферы услуг с использованием баз знаний и логического вывода.



## Литература

1. Цифровая Россия: новая реальность // А. Аптекман, В. Калабин, В. Клинецов, Е. Кузнецова, В. Кулагин, И. Ясеновец. – Доклад Digital McKinsey, июль 2017. – 133 с.
2. Указ Президента РФ от 09.05.2017 N 203 "О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 - 2030 годы"
3. Институциональная экономика: Новая институциональная экономическая теория / А.А. Аузан, М.Е. Дорошенко, В.В. Иванов и др. – ИНФРА-М Москва, 2011. – 447 с.
4. Бурков В.Н., Губко М.В., Коргин Н.А., Новиков Д.А. Теория управления организационными системами и другие науки об управлении организациями // Проблемы управления. – 2012. – № 4. – с. 2 – 10
5. Иващенко А.В., Корчивой С.А., Прохоров С.А. Инфраструктурные модели цифровой экономики // Известия Самарского научного центра РАН, т. 20, № 6(2), 2018. – с. 373 – 378
6. Иващенко А.В., Корчивой С.А. Риск-краулер для цифровой экономики // Экономика и менеджмент систем управления, 2018. – № 4.2 (30). – с. 273 – 285
7. Ivaschenko A., Korchivoy S., Spodobaev M. Infrastructural models of intermediary service providers in digital economy // Advances in Intelligent Systems and Computing 1038, Springer Nature Switzerland. 2020. – pp. 594 – 605
8. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.М. Базы знаний интеллектуальных систем. – СПб: Питер, 2000. – 384 с.

Д.Д. Жуков, З.Ф. Камальдинова

## РАЗРАБОТКА САЙТА ПОДДЕРЖКИ РЕГИОНАЛЬНОГО КОНКУРСА

(Самарский государственный технический университет)

В современное время человечество стоит на пороге глобальной информатизации общества. Благодаря стремительному развитию средств информационных и коммуникационных технологий возникает новая, информационная среда обитания и жизнедеятельности, формируется постиндустриальное, информационное общество. Именно поэтому возникает потребность использования современных технологий и информационных систем.

В России проходит огромное количество олимпиад и конкурсов. В них принимают участие тысячи преподавателей и учеников. Большинство из них используют самые обычные сервисы для проведения конкурсов, а некоторые и вовсе делают всё своими руками. Вопросы организации такого рода мероприятий не раз поднимались и рассматривались в трудах одного из авторов с различными соавторами [1-3]



Целью данного исследования является разработка веб сервиса для участников и организаторов регионального трека Всероссийского конкурса научно-технологических проектов

Обзор существующих систем поможет выявить достоинства и недостатки аналогичных веб-приложений и поможет в проектировании разрабатываемого приложения. Вопросы технологии взаимодействия рассматривались ранее [4].

Так как планируется, что приложением будут пользоваться люди различных возрастных категорий, то необходимо сделать интерфейс максимально простым и интуитивно понятным. Это так же будет преимуществом перед другими аналогичными системами.

В последние годы большая часть всего трафика приходится на мобильные устройства. Это говорит о том, что пользователи предпочитают выходить в интернет со своего мобильного устройства или планшета. Так же исследователи прогнозируют, что мобильный трафик будет только расти. Исходя из этого, следует сделать веб-приложение адаптированным под мобильные устройства. Это обеспечит более удобный доступ, если преподавателю или студенту понадобилось воспользоваться приложением, например, в метро.

В системе будет три группы пользователей: эксперт, руководитель, студент. Для каждой группы будет разработан свой функционал. Таким образом, пользовательский интерфейс будет меняться в зависимости от того, к какой группе относится авторизованный пользователь.

С каждым годом появляются новые языки, библиотеки и фреймворки, но большинство из них построено на базовых языках веб-программирования. Именно эти языки и будут использоваться в проекте.

Основным языком для создания структуры сайта является HTML. С помощью него задаются необходимые метаданные, которые содержат информацию о документе (сайте), а также необходимую информацию для поисковых машин. Также создается разметка сайта, где и как будет располагаться тот или иной элемент. Все необходимые файлы, содержащие коды других языков, подключаются с помощью этого языка.

Создав «скелет» сайта, ему нужно придать красивый внешний вид. Для этого будем использовать каскадные таблицы стилей CSS, которые будут находиться в подключаемом файле. С помощью этого языка определяется положение всех элементов на странице, а также их оформление. Существуют расширения, построенные на основе CSS это SCSS, Sass, LESS. Так как все эти расширения перед отображением на сайте компилируются в файл CSS [5], то сразу использовались каскадные таблицы стилей.

Чтобы придать интерактивность страницам, используется язык JavaScript. Этот язык работает на стороне браузера, то есть непосредственно с пользователем. На данный момент не существует аналогов, которые могут заменить язык JavaScript. Хотя большую часть функционала можно сделать с помощью CSS3, но этого еще недостаточно для полного замещения JavaScript. Существует одна очень большая и популярная библиотека jQuery, созданная на



основе JavaScript. Будем использовать ее в своем проекте, так как на ней написано очень большое количество плагинов.

Каждый сайт или веб-приложение состоит из двух частей. Это клиентская часть и серверная часть. Часть «клиент» - это то, что каждый пользователь видит на экране, когда заходит на определенную страницу. То есть в роли клиента выступает веб-браузер. Пользователь использует веб-браузер, чтобы обратиться к серверу для получения какой-либо информации.

Другими словами, пользователь выполняет какое-либо действие в браузере, например, хочет открыть страницу сайта. Веб-браузер формирует запрос и отправляет его серверу. Сервер обрабатывает этот запрос и отправляет браузеру ту страницу, которую пользователь запросил. Веб-браузер отображает ее. Есть много языков, которые существуют для разработки серверной части сайта. Это может быть авторизация и регистрация пользователя, поиск информации по сайту и так далее.

Самый популярный язык веб-программирования серверной части - это скриптовый язык PHP. Поддерживается большинством хостинг-провайдеров. Также одним из преимуществ данного языка является простота кода и его компактность. Так как язык скриптовый, то код можно вставить в любую часть сайта, в код HTML. Но большинство разработчиков делают наоборот: используют PHP код, для отображения HTML. Это позволяет лучше контролировать содержимое страницы и ее функционал.

Таким образом, для разработки веб-приложения будут использоваться следующие языки: HTML, CSS, JavaScript (jQuery) и PHP [6].

Проанализировав возможности аналогичных систем, было выявлено, что большинство из них обладает достаточно неудобным интерфейсом или сложным функционалом. Наш проект будет содержать наиболее полезные функции, которые необходимы для научного руководителя и участника конкурса. Интерфейс будет максимально прост, а само приложение адаптировано под мобильные устройства. У участников будет возможность следить за оценкой своей работы, а эксперты смогут оценивать работу участника сидя дома или в компьютерном классе.

На рисунке 1 показан интерфейс главной станицы сайта с существующим на данный момент заполнением [7]. На рисунке 2 представлен макет проектируемого интерфейса личных кабинетов.

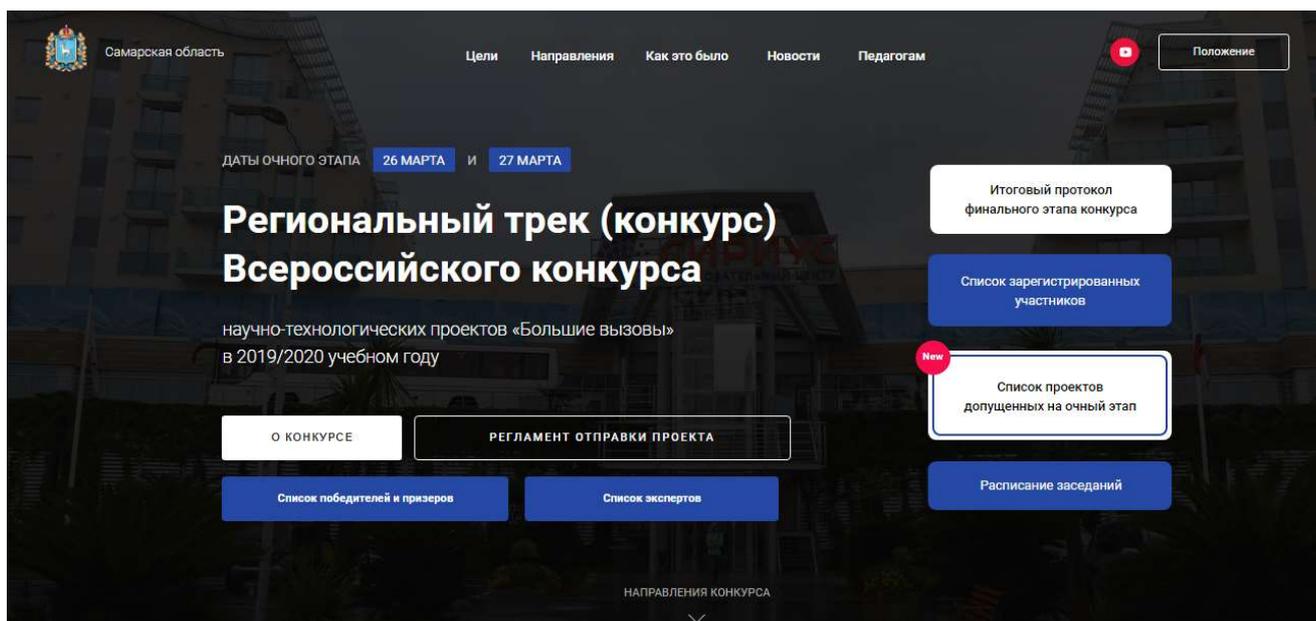


Рис. 1. Вид главной страницы сайта конкурса

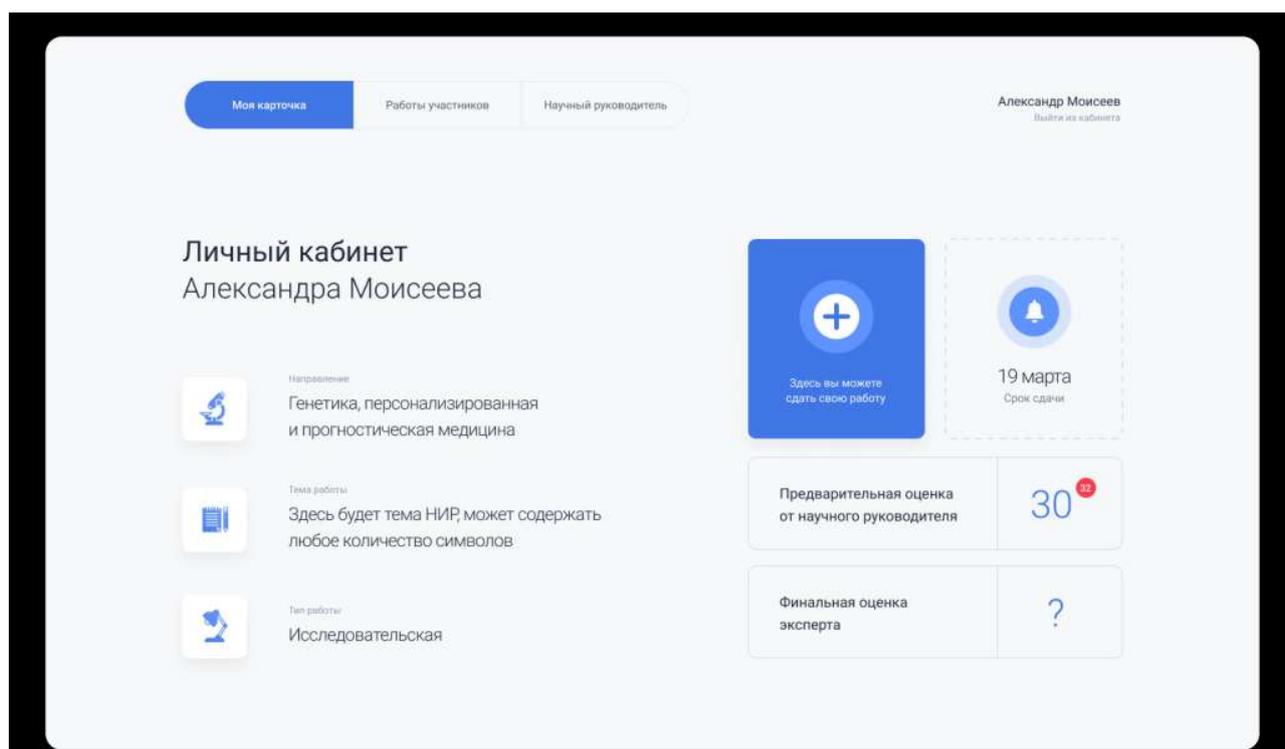


Рис. 2. Макет интерфейса личного кабинета участника конкурса

Макеты интерфейсов научного руководителя и консультанта имеют схожий дизайн, отличаются только тем, что у научного руководителя/консультанта может быть несколько участников. Также разработаны макеты сводных отчетов.



## Литература

1. Камальдинова З.Ф. Анализ итогов проведения областного конкурса исследовательских проектов школьников с применением современных инфокоммуникационных технологий. / З.Ф. Камальдинова, Н.К. Куликова // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Психолого-педагогические науки. 2019. № 1(41). С. 49-61
2. Мезенцева М.С. Информационная система дистанционного проведения конкурса научных работ. / М.С. Мезенцева, З.Ф. Камальдинова. В сборнике: Цифровизация и управление в социальных системах Сборник научных трудов. Под редакцией А.В. Иващенко, З.Ф. Камальдиновой. Самара, 2019. С. 42-46.
3. Камальдинова З.Ф. Информационная технология организации виртуальной среды для творчески одаренной молодежи. / З.Ф. Камальдинова, В.А. Тишаков. В сборнике: Перспективные информационные технологии (ПИТ 2019) Труды Международной научно-технической конференции. Под ред. С.А. Прохорова. 2019. С. 694-698.
4. Камальдинова З.Ф., Пиявский С.А., Елунин М.Н. Технология взаимодействия ученых и творчески одаренных школьников в виртуальной научно-образовательной среде // Известия Самарского научного центра РАН, т. 20, № 6(2), с. 328-334/
5. Робин Никсон. Создаем динамические веб-сайты с помощью PHP, MySQL, JavaScript, CSS и HTML5. – СПб.: Питер, 2016
6. Люк Веллинг, Лора Томсон. Разработка веб-приложений с помощью PHP и MySQL. – М.: Вильямс, 2010.
7. Сайт государственного бюджетного нетипового образовательного учреждения Самарской области «Самарский региональный центр для одаренных детей». URL: <http://codsamara.ru/> (дата обращения: 30.03.2020).

В.А. Имуков, З.Ф. Камальдинова

## ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ ДАННЫХ ПО ИТОГАМ ОБЛАСТНОГО КОНКУРСА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ПРОЕКТОВ ОБУЧАЮЩИХСЯ

(Самарский государственный технический университет)

Одним из приоритетных направлений государственной политики в нашей стране является работа с творчески одаренной молодежью. Об этом свидетельствует целый ряд законопроектов, принятых на самом высоком уровне, огромное количество публикаций в средствах массовой информации, а также количество и популярность всевозможных конкурсов, фестивалей и других проектов [1-2].

Самарская область не отстает от этого процесса [3]. Министерством образования и науки Самарской области инициирован и проводился в 2019 году уже в четвертый раз областной конкурс «Взлет» исследовательских проектов



обучающихся образовательных организаций Самарской области [4]. Конкурс проводится с использованием специально разработанной информационной системы, которая позволяет осуществлять мониторинг процесса выполнения проектов и фиксировать некоторые статистические показатели.

Анализ итогов конкурса подводился и публиковался [5]. В данной работе автором проводится обработка и анализ данных сформированных информационной системой путем вычисления и формирования недостающих данных.

Итак, исследование будем проводить по данным зафиксированным в информационной системе за два последних года, так как полученные данные наиболее актуальны, собирались по одной методике, с одинаковыми методическими материалами и схемой организации мероприятий.

Этапы исследования: подготовка данных, выбор алгоритма для моделирования данных, настройка алгоритмов для описания моделей и оценка моделей. Для проведения исследования использовались такие данные как: средняя оценка рецензирования проектов, рейтинги систематичности, активности и достижений участников конкурса. Для начала все проекты были разбиты на три группы: проекты социально-гуманитарного направления (781 проект), технического (458 проектов) и естественно-научного (491 проект).

Средствами описательной статистики рассчитали основные данные (рисунок 1)

Среднее арифметическое оценок экспертов											
Направление	Среднее	Стандартная ошибка	Медиана	Мода	Стандартное отклонение	Дисперсия выборки	Экссесс	Асимметричность	Минимум	Максимум	Счет
Социально-гуманитарное	33,01	0,55	32,18	24,7	15,37	236,14	0,91	0,75	1,95	95,8	781
Техническое	31,49	0,79	29,59	20,6	16,86	284,36	-0,32	0,57	2,45	79,43	458
Естественно-научное	33,56	0,70	31,45	16,5	15,61	243,77	0,17	0,71	4,03	84,48	491
Рейтинг систематичности											
Направление	Среднее	Стандартная ошибка	Медиана	Мода	Стандартное отклонение	Дисперсия выборки	Экссесс	Асимметричность	Минимум	Максимум	Счет
Социально-гуманитарное	5,67	0,11	5	2	3,21	10,31	-1,22	0,18	0	11	781
Техническое	5,03	0,15	4	1	3,31	10,97	-1,15	0,41	0	11	458
Естественно-научное	5,76	0,15	5	1	3,36	11,28	-1,34	0,12	1	11	491
Рейтинг активности											
Направление	Среднее	Стандартная ошибка	Медиана	Мода	Стандартное отклонение	Дисперсия выборки	Экссесс	Асимметричность	Минимум	Максимум	Счет
Социально-гуманитарное	0,30	0,02	1	1	0,68	0,46	8,85	2,77	1	4	781
Техническое	0,43	0,04	1	1	0,86	0,74	4,13	2,15	1	4	458
Естественно-научное	0,42	0,04	1	1	0,79	0,62	5,51	2,27	1	4	491
Рейтинг достижений											
Направление	Среднее	Стандартная ошибка	Медиана	Мода	Стандартное отклонение	Дисперсия выборки	Экссесс	Асимметричность	Минимум	Максимум	Счет
Социально-гуманитарное	5,77	0,57	1	1	15,87	252,01	36,03	5,40	14	148	781
Техническое	12,01	1,49	1	1	31,98	1022,54	18,03	4,04	12	216	458
Естественно-научное	5,47	0,62	1	1	13,74	188,77	28,95	4,67	13	140	491



### Рис. 1. Использование описательной статистики

Анализ вычислений позволит организаторам конкурса увидеть особенности при выполнении проектов в различных направлениях и принимать управляющие воздействия.

При сборе данных, не все значения удастся зафиксировать. В таких случаях существует три основных варианта работы с большими данными. Первый вариант – заменить отсутствующие значения модой соответствующего числового ряда, второй вариант – вычислить недостающие значения, используя алгоритмы искусственного интеллекта и третий вариант – удалить записи с неполными данными, но обычно этого способа стараются избежать [6].

Далее планируется продолжить исследование. В дальнейшем мы собираемся разбить участников на кластеры по схожести их характеристик.

### Литература

1. Постановление Правительства РФ от 17.11.2015 №1239 «Об утверждении Правил выявления детей, проявивших выдающиеся способности, сопровождения и мониторинга их дальнейшего развития» (с изменениями и дополнениями).
2. Указ Президента РФ от 07.12.2015 №607 «О мерах государственной поддержки лиц, проявивших выдающиеся способности»
3. Постановление Губернатора Самарской области от 30.10.2013 №272 «Об образовании Координационного совета по работе с одаренной молодежью в сфере науки и техники при Администрации Губернатора Самарской области»
4. Приказ министерства образования и науки Самарской области от 20.09.2017 №327-од «Об организации и проведении областного конкурса «Взлет» исследовательских проектов обучающихся в Самарской области»
5. Камальдинова З.Ф. Анализ итогов проведения областного конкурса исследовательских проектов школьников с применением современных инфокоммуникационных технологий / З.Ф. Камальдинова, Н.К. Куликова // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Психолого-педагогические науки. – 2019. – № 1 (41). – С. 49-61.
6. Ын Анналин. Теоретический минимум по Big Data. Все, что нужно знать о больших данных / Анналин Ын, Кеннет Су. – Спб.: Питер, 2019. – 208 с.

А.П. Королёв

## ФАКТОРЫ, ПОВЫШАЮЩИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ УЧЁТНЫХ СИСТЕМ

(Самарский государственный технический университет)

Эффективное управление в различных фирмах, предприятиях фактически невозможно без использования компьютерных информационных технологий. Правильный выбор программного продукта является одним из важнейших



факторов. В настоящий момент выбор автоматизированной информационной системы (АИС) превращается из специфической задачи в стандартную процедуру.

АИС – представляет собой информационный процесс, автоматизированный за счет применения специальных методов обработки данных, использующих комплекс вычислительных, коммуникационных и других технических средств, в целях получения и доставки информации, необходимой специалистам для выполнения функций управленческого и финансового учета.

При проектировке, и при реализации проекта, АИС могут возникнуть различные сложности, не дающие полностью реализовать систему на предприятии.

Главная составляющая – внедрение системы в каждом отделении, где происходит обработка и хранение информации. В обратном случае, полезность внедрённой системы будет незначительна.

Факторы, препятствующие внедрению АИС в систему:

**Пассивность сотрудников.** Данную проблему можно объяснить тем, что сотрудники привыкли работать в старой системе, а внедрение новой, требует обучения. По итогу, данное обстоятельство осложняет внедрение. Одновременное использование АИС, ставит ряд вопросов, связанных, с организационными, техническими, экономическими аспектами внедрения системы.

**Технические проблемы** – необходимость в совершенствовании старой или создании новой инфраструктуры, для обеспечения интеграции новой системы с уже внедрёнными тех. решениями.

**Экономические проблемы** – заключается в необходимости инвестиции средств, для дальнейшей возможности окупиться, хоть и не сразу.

Во главе находятся организационные вопросы. Слабая проработка данных, влечёт минимальную результативность работы системы. По мнению большинства руководителей, организация автоматизированного рабочего места, не является наиважнейшей задачей при внедрении системы, но именно данные «мелочи» являются наиважнейшими, для повышения эффективности в процессе организации. Недостаточное внимание к проекту может стать причиной замедления процесса внедрения на неопределённый срок.

Назначением «Административного ресурса» является возможность показать все преимущества, новой системы перед предыдущей, а так же обучить обслуживающий персонал или дать пособие по практической работе с ней. Большого внимания требует организационный аспект, разработка и утверждение плана по внедрению АИС, выбор руководителя проекта, формирование рабочей группы. Определение дальнейшего направления развития проекта является решением организационных трудностей. Следующим шагом в развитии учётной системы, становится формирование рабочей группы.



Различные представители IT-службы должны активно сотрудничать для достижения успеха. За исключением этого, требуется распределить обязанности всех работников. За исключением основных проблем, существует несколько второстепенных. К ним относятся: недостаточная проработанность внутрикорпоративных документов, регламентирующих процессы работы с АИС в организации и слабое внимание со стороны руководства к обучению пользователей.

Подготовка нормативных правил по процессам АИС должна вестись параллельно с эксплуатацией, что позволяет их дорабатывать. Вопросу обучения сотрудников должно быть уделено самое пристальное внимание. Обучение должно проходить на постоянной основе.

По мнению специалистов довольно сложно обучить даже 40% сотрудников без отрыва от производства, выходом из такой ситуации служит организация дистанционного обучения на рабочих местах.

Проблемы, требующие особого внимания при их решении: Отсутствие постановки задачи менеджера организации, Необходимость в полной или частичной реорганизации структуры отдела организации, Временное увеличение нагрузки на сотрудников во время внедрения учётной системы.

Отсутствие постановки задачи менеджера организации. Является наиболее значимым пунктом, и включает в себя многие аспекты. Большинство руководителей, проработав определённое время, начинают опираться на свой опыт, свою интуицию, своё виденье, что может привести к неструктурированным данным о состоянии и динамике развития данного отдела компании. Грамотная постановка задачи, является важнейшим фактором, влияющим на успех деятельности по внедрению учётной системы.

Поэтому для успешного внедрения требуется произвести реорганизацию структуры отдела. Одним из этапов проекта служит полное и достоверное обследование отдела по всем требованиям для успешного внедрения.

На основе полученных данных строится схема построения учётной системы. Можно всё реализовать в неорганизованном виде, но в результате обследования форсируется большое количество мест дополнительных затрат, и различных несостыковок.

На некоторых этапах внедрения возрастает нагрузка на сотрудников. Это связано с тем, что помимо выполнения обычных рабочих обязанностей, сотрудникам необходимо осваивать новые знания и технологии. Но, формирование квалифицированной группы внедрения и сопровождения системы, может решить данную проблему. Внедрение большинства крупных систем производится по следующей технологии: на предприятии формируется небольшая рабочая группа или назначается ответственный сотрудник за использование, которая проходит максимально полное обучение работе с системой, затем на эту группу ложится значительная часть работы по внедрению системы и дальнейшему ее сопровождению

Проблемы, возникающие при внедрении автоматизированной информационной системы, довольно хорошо изучены и имеют эффективные



методы предотвращения нежелательных ситуаций. Преждевременное изучение материала по предотвращению от нежелательных ситуаций, а так же подготовка к ним, могут повысить дальнейшее эффективность работы систем.

### Литература

1. Обзор существующих систем автоматизации учета оптовых и розничных продаж. [Электронный ресурс]. URL: <https://novainfo.ru/article/10924> (дата обращения: 28.01.2020).
2. Обзор АИС. [Электронный ресурс]. URL: <https://cinref.ru/razdel/04650raznoe/09/397253.htm> (дата обращения: 03.02.2020).
3. Сравнительный анализ информационных систем для автоматизации управленческого учёта [Электронный ресурс]. URL: <https://sibac.info/journal/student/57/136612> (дата обращения: 07.02.2020).

А.О. Кузовенков

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПРОВЕРКИ ЗАДАЧ ПО ПРОГРАММИРОВАНИЮ

(Тольяттинский государственный университет)

Система автоматической проверки (САП) задач по программированию – это система, которая оценивает программные решения учащихся. Какой же должна быть САП? Прежде чем ответить на данный вопрос, сначала выделим основные критерии, на основании которых необходимо производить оценку программы учащегося (см. табл. 1).

Теперь рассмотрим, как в соответствии с каждым критерием работают современные САП (см. табл. 2). Из таблицы 2 видно, что для оценки программы, существующие САП выполняют практически одинаковые действия.

Оценку корректности работы программы все САП осуществляют при помощи набора тестов, где каждый тест включает в себя входные данные и эталонный ответ, которые могут быть представлены строками или файлами. Процесс формирования тестов возможен двумя способами:

1. С помощью программы динамического генерирования тестовых данных. Используя описанный администратором алгоритм, такая программа автоматически генерирует входные и выходные данные в соответствии с условиями задания.

2. Вручную. В данном случае администратор самостоятельно создаёт набор тестов.

Вне зависимости от способа формирования тестов, необходимо чтобы полученные тесты покрывали все возможные пути выполнения тестируемой программы.



Таблица 1. Критерии оценки программы учащегося

Критерий	Описание
Оригинальность исходного кода программы	<p>Это процентный показатель, демонстрирующий объем исходного кода программы, написанного самостоятельно.</p> <p>Не исключено, что некоторые студенты (например, те, которые плохо усваивают материал), чтобы выполнить задание, будут использовать в качестве своего решения чужой исходный код. Однако исходный код, как и реферат, школьное сочинение и т. п. каждый человек пишет по-своему.</p>
Безопасность программы	<p>Это показатель, который может принимать значения «0», если программа представляет опасность для САП, или «1», если присланная программа безопасна. Под безопасностью программы понимается безопасность её исходного кода и процесса выполнения.</p> <p>Иногда умышленно или нет исходный код программы может содержать опасные вставки, способные нарушить работу САП или даже полностью её остановить. Так, например, исходный код может содержать ассемблерные включения, которые способны вызывать потенциально опасные функции для работы с системой на низком уровне.</p> <p>Допустим, что в исходном коде нет опасных вставок, однако вывести из строя САП могут даже разрешённые команды. Например, умышленно или нет студент может прислать программу, которая во время выполнения войдёт в бесконечный цикл и зависнет или же, работая с файловой системой, удалит важные для САП файлы и каталоги.</p>
Корректность исходного кода программы	<p>Это некий балл, который показывает, на сколько исходный код программы соответствует требованиям, указанным в задании. Довольно часто присланная на проверку программа может выдавать правильные выходные данные, но при этом иметь исходный код, несоответствующий заданию.</p> <p>Значение данного критерия зависит также от результатов компиляции (или проверки интерпретатором) исходного кода программы (время компиляции, наличие предупреждений и т. д.).</p>
Корректность работы программы	<p>Это некий балл, который показывает, на сколько правильные данные выдаёт программа. Также на этот балл оказывает влияние количество ресурсов, которые использует программа во время выполнения.</p>

Само тестирование программы проводится следующим образом. Вначале проверяемой программе на вход подаются входные данные теста. Затем производится сравнение выходных данных проверяемой программы с эталонным ответом теста (посимвольное сравнение двух строк с пробелами) [1]. Если вывод проверяемой программы совпадает с эталонным ответом, это означает, что тест пройден успешно. Описанный алгоритм повторяется для всех тестов набора. В конце тестирования программы подводятся итоги: определяется, какие тесты программа прошла, а какие нет и в зависимости от этого учащемуся начисляется определённое количество баллов.



Таблица 2. Результаты анализа современных САП

САП	Корректность исходного кода программы	Оригинальность исходного кода программы	Корректность работы программы	Безопасность программы
PC <sup>2</sup>	код проверяется посредством его компиляции (или интерпретатором)	отсутствует	проверка осуществляется при помощи набора тестов	отсутствует
Contester	код проверяется посредством его компиляции (или интерпретатором)	отсутствует	проверка осуществляется при помощи набора тестов; контролируется время работы и количество использованной памяти	контролируются запрещённые библиотеки и подключаемые модули; программа выполняется в защищенном изолированном окружении
T-BMSTU	код проверяется посредством его компиляции (или интерпретатором)	используется сервер обнаружения некорректных заимствований, который выполняет интеграцию системы с внешним программным обеспечением, которое ведет поиск некорректных заимствований	проверка осуществляется при помощи набора тестов; контролируется время работы и количество использованной памяти	выполняется в защищенном изолированном окружении; запущенное решение не имеет доступа ни к сетевым интерфейсам, ни к файловой системе сервера; решение, написанное на небезопасном с точки зрения работы с памятью языке, запускается в отладчике valgrind
Ejudge	используется инструмент, проверяющий стиль кода; в остальном код проверяется посредством его компиляции (или интерпретатором)	простое сравнение содержимого двух файлов (diff)	проверка осуществляется при помощи набора тестов; контролируется время работы и количество использованной памяти	используются интегрированные системы изолированного запуска приложений и контроля над ними (песочницы)
DOMjudge	код проверяется посредством его компиляции (или интерпретатором)	простое сравнение содержимого двух файлов (diff)	проверка осуществляется при помощи набора тестов	устанавливается минимальное окружение (chroot) и ограничиваются ресурсы (cgroup)



Таким образом, на основании проведённого анализа, у существующих САП можно выделить следующий ряд недостатков:

1. Оценка исходного кода программы студента в основном ограничивается лишь результатами компиляции (или проверки интерпретатором).

2. Проверка оригинальности исходного кода программы практически не осуществляется (в основном проводится простое сравнение двух текстов).

3. Так как для проверки вывода программы используется посимвольное сравнение с эталонным ответом, чтобы покрыть все возможные пути выполнения программы, необходимо создавать довольно большое количество тестов.

4. Отсутствие комплексной проверки выполнения программы. Например, студентам дано задание написать хеш-функцию. Как известно хеш-функция – это функция, осуществляющая преобразование массива входных данных произвольной длины в (выходную) битовую строку установленной длины. Для проверки нам неважно, что именно будет выводить проверяемая программа, необходимо проверять решение на наличие коллизий. Чтобы это проверить, необходимо сравнивать пары ввод-вывод программы между собой. В существующих САП такое сравнение невозможно.

Чтобы устранить данные недостатки, были приняты следующие решения:

1. Перед тем как скомпилировать (или проверить интерпретатором) присланную программу, необходимо сначала проверить размер файла с исходным кодом. Это делается для того, чтобы отсеять слишком большие решения. Так, например, ученик может просчитать очень трудоёмкое решение на своём компьютере и поместить результаты в один большой словарь в исходном коде. А само решение будет выглядеть как `read(a), write(result[a])`. Таким образом, проверив размер исходного кода, можно будет сразу отклонить подобные решения. Далее нужно проверить исходный код на наличие ассемблерных вставок. Это можно сделать с помощью программы `noasm`. Такая проверка позволит избежать компиляции и последующего выполнения потенциально опасного кода. Затем необходимо проверить стиль исходного кода. Такая проверка нужна по причине того, что в реальных проектах очень часто с одним и тем же исходным кодом работает сразу несколько человек. Поэтому очень важно чтобы программист придерживался единого стиля. Это облегчит чтение, поддержку и слияние кода для остальных программистов. В конце должны осуществляться проверки, которые непосредственно связаны с условиями задачи. Например, условиями задачи запрещено использовать функцию `sin`. Проверив исходный код можно будет определить, использовал ли студент данную функцию или нет.

2. Чтобы оценить решение студента, его исходный код в обязательном порядке должен пройти через проверку на плагиат. Для определения процента оригинальности присланного исходного кода предполагается использовать ступенчатый метод [2].



3. Чтобы уменьшить количество создаваемых тестов, предполагается использование регулярных выражений. Одним регулярным выражением можно будет описать сразу несколько схожих эталонных ответов.

4. Если после прохождения основного тестирования по заданию требуется дополнительная проверка пар ввод-вывод, планируется полученные пары подавать на вход программам, которые написаны самим автором задачи. Результатом работы каждой такой программы будет процент соответствия пар ввод-вывод условиям задачи.

Таким образом, станет возможным создание системы автоматической проверки задач по программированию, которая сможет объективно оценить решения студентов.

### Литература

1. Bennouar D. An Automatic Grading System Based on Dynamic Corpora [Электронный ресурс] // The International Arab Journal of Information Technology. 2017. Vol. 14.4A PP. 552-564. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/f188/a42968741ca733178701766d1eebb9f0a410.pdf> (дата обращения: 11.01.2020).

2. Стрельченок Г. В. Ступенчатый метод проверки исходного кода программы на плагиат [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <https://nauchkor.ru/pubs/stupenchatyy-metod-proverki-ishodnogo-koda-programmy-na-plagiat-587d36555f1be77c40d58cf6> (дата обращения: 11.01.2020).

Ю.В. Кузьмина, В.В. Ворошилов

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ МОЛОДЫХ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ ИС

(Самарский государственный технический университет)

Для лучшего взаимодействия молодых людей с научным руководителем, а также для лучшего понимания самого себя необходимо осознание отдельных личностных психологических характеристик. Они помогут понять, какие качества необходимо развивать в себе для достижения наибольшего результата.

В настоящее время улучшение качества образования в вузах является приоритетной задачей. Психологическое сопровождение студентов в период обучения, является ключевым фактором в повышении качества образования.

Однако во время выполнения научно-исследовательских работ студенты сталкиваются с множеством факторов, которые негативно сказываются на образовательном процессе и на развитии личности в целом, поэтому возникает потребность диагностики психологического состояния студентов.

Сегодня многие организации, проводящие психологические мониторинги групп лиц, используют для анализа и хранения полученной информации либо



бумажные носители, либо стандартные средства для статистического анализа, что затрудняет проведение достаточно масштабных исследований [1].

Однако все большую популярность набирает такое понятие как People Analytics. People Analytics помогает оценивать методы, программы и процессы при работе с персоналом. Знания из области социологии и анализа данных помогают принять более взвешенные и объективные кадровые решения.

People Analytics помогает оценивать методы, программы и процессы при работе с персоналом. Знания из области социологии и анализа данных помогают принять более взвешенные и объективные решения [2].

Динамику популярности поисковых запросов People Analytics, Talent Analytics, HR Analytics можно увидеть на рисунке (Рисунок 1).

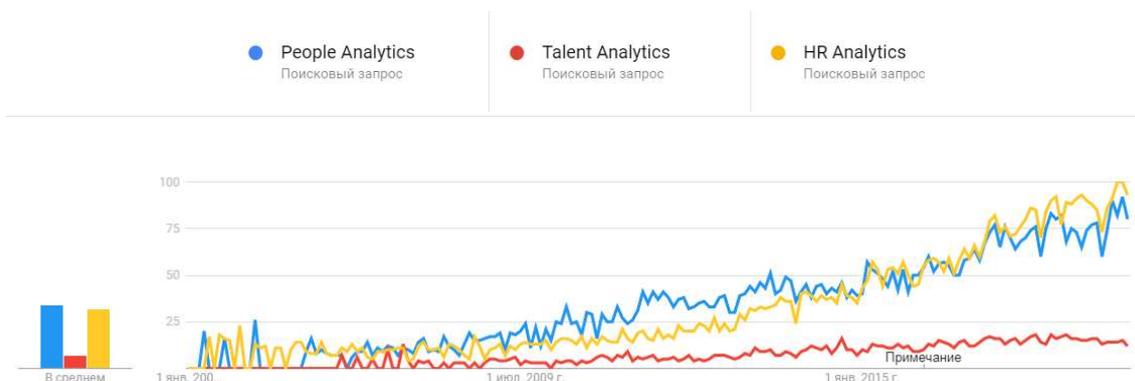


Рис. 1. Динамика популярности поисковых запросов

С 2004 г. по настоящее время наблюдается значительный рост количества запросов People Analytics и HR Analytics. В среднем People Analytics упоминается несколько чаще, что говорит о росте интереса к данной сфере.

Данные выводы подтверждает Турсунбаева Айжан в своей статье [3]. В ходе анализа терминов было выявлено, что за последние 10 лет наиболее популярными терминами были *People Analytics* и *HR Analytics*. Поиски Talent Analytics, Employee Analytics и *Workforce Analytics* также имели место, хотя сравнительно редко по сравнению с первыми двумя поисковыми терминами.

Исходя из вышесказанного, можно утверждать, что тема формирования психологического профиля молодых исследователей является актуальной как для самих студентов, так и для общества в целом.

Цель данной работы – повышение эффективности оценки формирования психологического профиля посредством разработки информационной системы. Основным ее назначением является определение уровня психологических характеристик - объектов исследования.

В качестве метода для определения значений психологических характеристик в системе используется метод психологического тестирования. Психологическое тестирование — процесс, направленный на измерение индивидуальных качеств и свойств респондента, посредством ответа респондентом на вопросы психологического теста.



Психологический тест — стандартизированное задание, по результатам выполнения которого судят о психофизиологических и личностных характеристиках, знаниях, умениях и навыках испытуемого [4].

Характеристиками, которые составляют основное описание личности, являются лидерство, мотивация и социальный фактор.

Именно перечисленные характеристики являются компонентами психологического профиля молодых исследователей, выявляемых информационной системой.

Предполагаемая диаграмма вариантов использования разрабатываемой системы представлена на рисунке 2. Диаграмма вариантов использования описывает функциональное назначение системы. Она является исходным концептуальным представлением системы [5].



Рис. 2. Диаграмма вариантов использования для разрабатываемой системы

Основной функцией системы является формирование психологического профиля (рисунок 3). Входы, выходы, управления и механизмы всей системы отражены наглядно.

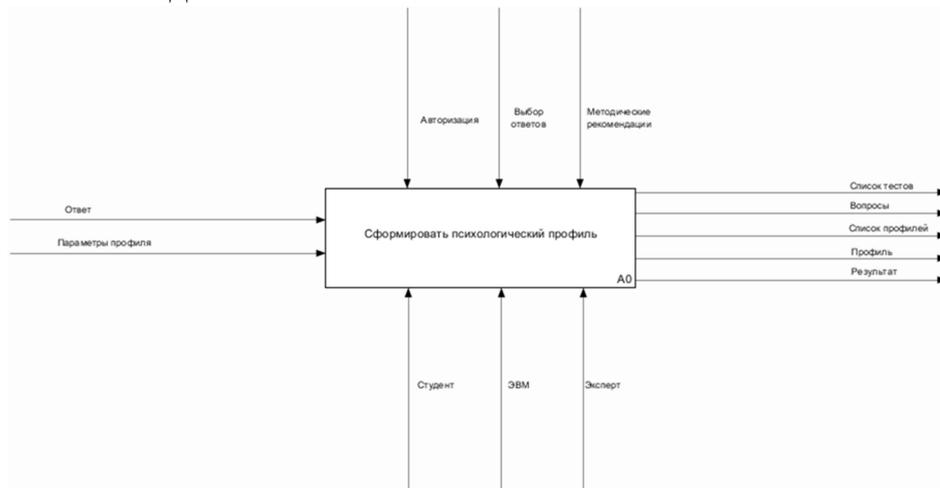


Рис. 3. IDEF0 A0



Дуги связывают блоки вместе и отображают взаимодействия и взаимосвязи между ними.

Система содержит актантов Тестируемый и Администратор. Тестируемому доступны функции: прохождение теста, просмотр результатов тестирования, просмотр отчетов. Тестируемый – это главный актант системы. Он проходит тестирование и просматривает статистику по психологическому профилю и по уровню в группе пользователей. Администратору доступны функции ведения справочников пользователей, тестов и факультетов.

Для расчета уровня психологических характеристик предполагается использовать формулу 1:

$$F_{\text{хар}} = \sum_{i=1}^N V_i * W_j, \quad (1)$$

где  $N$  - количество вопросов,  $V_i$  – вес вопроса (его важность в тесте),  $W_j$  – вес ответа,  $j$  – номер ответа на вопрос  $i$ .

Как видно из формулы, уровень психологической характеристики рассчитывается путем суммирования произведений веса вопросов и веса ответа.

На рисунке 4 показана диаграмма состояний разрабатываемой системы. Диаграмма состояний по существу является графом специального вида, который представляет некоторый автомат. Понятие автомата в контексте UML обладает довольно специфической семантикой, основанной на теории автоматов. Вершинами этого графа являются состояния и некоторые другие типы элементов автомата, которые изображаются соответствующими графическими символами. Дуги графа служат для обозначения переходов из состояния в состояние [6].

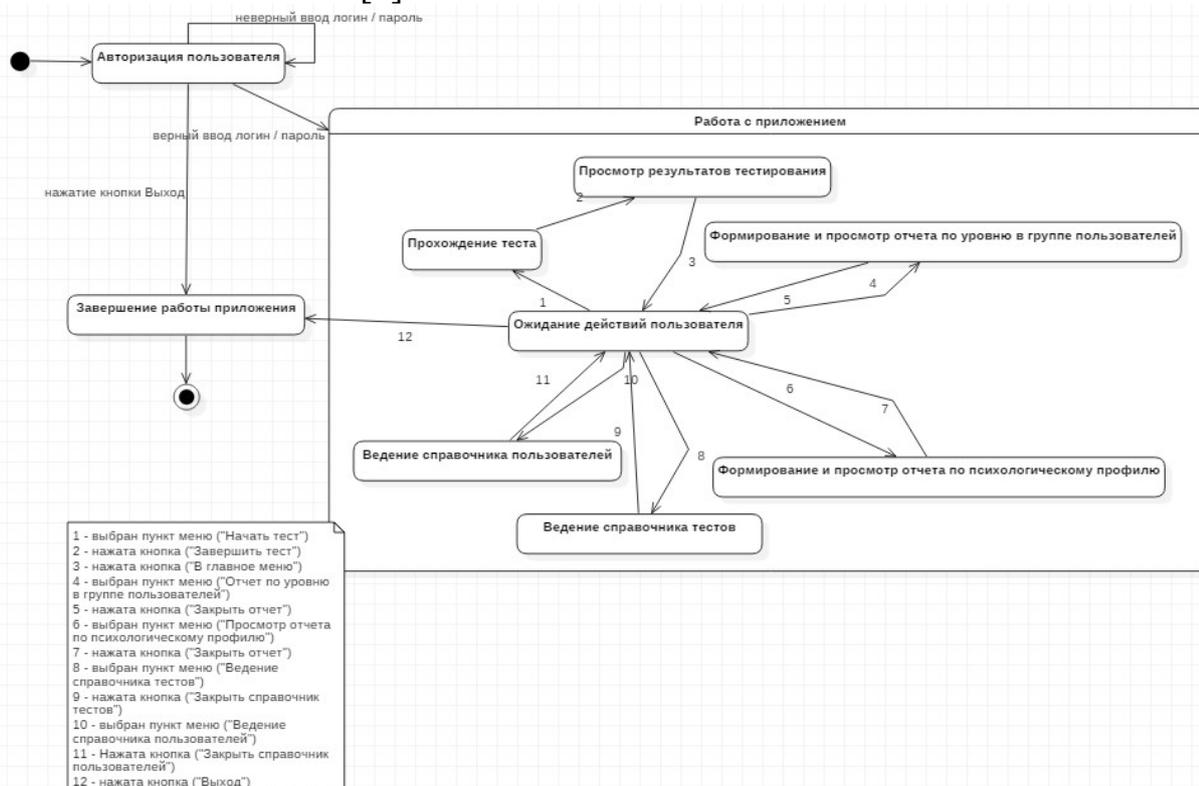


Рис. 4. Диаграмма состояний



После прохождения всех тестов, пользователь будет иметь полную картину по психологическим характеристикам.

Исходя из вышесказанного, можно утверждать, что тема формирования психологического профиля молодых исследователей является актуальной как для самих студентов, так и для общества в целом. Данная тема является одним из направлений *People-аналитики*, которая в свою очередь является очень перспективной.

### Литература

1. Гордеев С. Ю., Никифорова Т. В., Статья «Информационная система формирования данных для моделирования развития научных способностей творчески одаренной молодежи» в сборнике научных трудов конференции ПИТ 2017: URL: [http://www.ssau.ru/pagefiles/pit\\_2017\\_sbornik.pdf](http://www.ssau.ru/pagefiles/pit_2017_sbornik.pdf) (дата обращения 3.12.2018)

2. People Analytics: советы Google: URL: <https://hr-portal.ru/blog/people-analytics-sovety-google> (дата обращения: 25.05.19).

3. People analytics—A scoping review of conceptual boundaries and value propositions / Tursunbayeva Aizhan, Di Lauro Stefano, Pagliari Claudia // Int. J. Inf. Manag.— 2018 т. 43.— С. 224-247.

4. Википедия. Психологический тест: URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F> (дата обращения: 12.12.2018).

5. Дерябкин, В. П. Проектирование информационных систем по методологии UML [Текст]: метод. Указания к учебно-лабораторному практикуму / В. П. Дерябкин, В. В. Козлов; Самарск. гос. арх.-строит. ун-т. - Самара, 2008.

6. Диаграмма состояний (statechart diagram) [http://www.telenir.net/uchebniki/samouchitel\\_uml/p6.php](http://www.telenir.net/uchebniki/samouchitel_uml/p6.php)

Д.М. Никишин, З.Ф. Камальдинова

## КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ПИКСЕЛЕЙ ИЗОБРАЖЕНИЯ ПРИ ПОМОЩИ АЛГОРИТМА «К-СРЕДНИХ»

(Самарский государственный технический университет)

В наше время нас окружает огромное количество информации обо всём на свете. И одна из задач в работе с информацией - это разгруппировать поступающие данные на всевозможные классы, группы и т.д., для того, чтобы с этой информацией было удобно взаимодействовать. Но иногда нам сложно отнести какую-то вещь к чему-то определённом. И тогда в дело вступает кластеризация.

Кластеризация - это задача разбиения множества объектов на группы, называемые кластерами. Внутри каждой группы должны оказаться «похожие» объекты, а объекты разных группы должны быть как можно более отличны.



Главное отличие кластеризации от классификации состоит в том, что перечень групп четко не задан и определяется в процессе работы алгоритма [1].

Кластерный анализ в отличие от большинства математико-статистических методов не накладывает никаких ограничений на вид рассматриваемых объектов и позволяет исследовать множество исходных данных практически произвольной природы [2].

Обычно, применение кластерного анализа сводится к следующим этапам:

1. Отбор выборки объектов для кластеризации.
2. Определение множества переменных, по которым будут оцениваться объекты в выборке. При необходимости - нормализация значений переменных.
3. Вычисление значений меры сходства между объектами.
4. Применение метода кластерного анализа для создания групп сходных объектов (кластеров).
5. Представление результатов анализа [3].

После получения и анализа результатов возможна корректировка выбранной метрики и метода кластеризации до получения оптимального результата. Стоит также сказать, что решение задачи кластеризации принципиально неоднозначно в силу следующих причин:

1. Не существует однозначно наилучшего критерия качества кластеризации.
2. Число кластеров, как правило, неизвестно заранее и устанавливается в соответствии с некоторым субъективным критерием.
3. Результат кластеризации существенно зависит от метрики, выбор которой также субъективен и определяется экспертом.

Для человека незнакомого с кластеризацией возникает разумный вопрос: а как же определить эту самую «похожесть» объектов? Для начала нужно составить вектор характеристик для каждого объекта - как правило, это набор числовых значений, например, рост и вес человека. Однако существуют также алгоритмы, работающие с качественными (то бишь категориальными) характеристиками [4].

Среди алгоритмов кластеризации выделяются два основных типа: восходящие и нисходящие алгоритмы. Нисходящие алгоритмы работают по принципу «сверху-вниз»: в начале все объекты помещаются в один кластер, который затем разбивается на все более мелкие кластеры. Более распространены восходящие алгоритмы, которые в начале работы помещают каждый объект в отдельный кластер, а затем объединяют кластеры во все более крупные, пока все объекты выборки не будут содержаться в одном кластере. Таким образом, строится система вложенных разбиений [5].

Для данного проекта в качестве объекта кластеризации были выбраны пиксели изображения, потому что это простой, а самое главное - понятный пример. Как известно, цветной пиксель имеет три составляющих цвета - Red, Green и Blue (Красный, Зелёный и Синий). Наложение этих составляющих и создает палитру существующих цветов. В памяти компьютера каждая составляющая цвета характеризуется числом от 0 до 255. То есть комбинируя



различные значения красного, зеленого и синего, получаем палитру цветов на экране.

Среди различных реализаций был выбран на алгоритм k-средних, поскольку это простой и эффективный метод, который легко реализовать программно. Соответственно, данные, которые мы будем распределять по кластерам - наши пиксели. На их примере мы и реализуем наш алгоритм. Алгоритм k-средних - итерационный алгоритм, то есть он даст правильный результат, после *n* количества повторов некоторых математических вычислений.

Программа была написана в IDE Visual Studio 2017 Community на языке C++.

Начнём с файла Clusters.h. Для характеристики каждого пикселя была создана структура, которая состоит из трех составляющих пикселя типа double для большой точности. И здесь же был создан сам класс **Clusters**, в котором определили переменные, константы и его методы.

Прокомментируем составляющие нашего класса:

vect\_pixcel - вектор для пикселей; vect\_centр - вектор для центров кластеров; kolvo\_klasters - количество кластеров; kolvo\_pixels - количество пикселей; identify\_centers() - метод для случайного выбора начальных центров среди входных пикселей; compute() и compute\_s() - методы для расчета расстояния между пикселями и пересчета центров; Clusters() - конструктор класса; clustering() - сам метод кластеризации.

Это программа отлично подойдёт для целей сегментации изображений (она заключается в упрощении и/или изменении представления изображения, чтобы его было проще и легче анализировать, в частности - сегментация обычно используется для того, чтобы выделить объекты и границы (линии, кривые, и т.д.) на изображениях).

Планируется развивать данную работу в сторону точности расчётов радиусов и вычисления расстояний, а также в сторону упрощения интерфейса, чтобы пользователю было легче и комфортнее работать с программой.

## Литература

1. Обзор алгоритмов кластеризации данных [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/101338/> (дата обращения: 22.12.2019).
2. Технологии анализа данных: учеб. пособие / Н.П. Садовникова, М.В. Щербakov. – Волгоград: Изд-во ВолгГТУ, 2015. – 64 с.
3. Кластерный анализ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Кластерный\\_анализ](https://ru.wikipedia.org/wiki/Кластерный_анализ) (дата обращения: 23.12.2019).
4. Алгоритмы кластеризации на службе Data Mining [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://basegroup.ru/community/articles/datamining> (дата обращения: 24.12.2019).
5. Кластеризация: расскажи мне, что ты покупаешь, и я скажу кто ты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/datawiz/blog/248863/> (дата обращения: 22.12.2019).



О.Т. Петров

## МЕТОД ПОДТВЕРЖДЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ПОДВИЖНОГО ОБЪЕКТА НА ОСНОВЕ КОНСЕНСУСА ВНЕШНИХ НАБЛЮДАТЕЛЕЙ

(Самарский университет)

*Ключевые слова: геопозиционирование, радиосвязь, консенсус*

### **Введение**

Благодаря последним достижениям науки и активной поддержке государства, повсеместно внедряются системы мониторинга автотранспорта с применением спутниковых систем геопозиционирования, например, ГЛОНАСС [4, 5]. Хороший обзор навигационных систем в мире и их применении в глобальном применении дан в работе [3].

Достоинства спутниковых систем позиционирования очевидны: глобальность, оперативность, всепогодность, оптимальная точность и эффективность. Для измерений не нужна видимость между определяемыми пунктами. Но важна радиовидимость геостационарных спутников. В этих системах снимаются показания большого количества датчиков, установленных на автомобиле (подвижном объекте), которые привязываются к временным меткам и координатам на местности. Весь объем данных передается через операторскую мобильную сотовую связь и сохраняется в единую локальную базу данных, используется для построения системы мониторинга автотранспорта. Таким образом экономится средства на создание собственной радиосети автотранспортного предприятия. В работе [1] приводятся методы повышения точности определения координат с использованием дополнительных услуг операторов сотовой связи.

### **Проблемы мониторинга за положением подвижного объекта на примере автотранспорта**

За время эксплуатации этих систем на коммерческом транспорте выявлены некоторые недостатки:

- отсутствие или ослабление контроля автомобиля при попадании в зону слабого радиочастотного покрытия мобильной сотовой связи, частично компенсируемое записью показаний датчиков на внутренний носитель на время до появления связи с сервером;

- возможность подмены передаваемых данных контроллером, т.к. подтверждение идентификации трекера не проводится, передается только ID устройства;

- история показаний датчиков подвижного объекта поддается изменению, т.к. данные передаются и хранятся в незашифрованном виде;



- слабый контроль достоверности водителя транспортного средства, идентифицирующий брелок которого может быть потерян, украден или скопирован;

- применение радиосистем подвергает опасности атаки с помощью применения средств постановки активных радиопомех («глушилка») на подвижном объекте.

Последствия перечисленных выше недостатков:

- риск угона транспортного средства (подвижного объекта);
- риск потери транспортируемого груза.

Осуществление поездки другим водителем накладывает риск перекладывания юридической ответственности за совершаемые действия на водителя, не причастного к возникновению опасной ситуации в поездке, но допущенного к поездке по документам.

### **Предлагаемое решение проблемы**

Каждый подвижный объект, оснащенный интеллектуальным контроллером, вычисляет свои координаты по сигналам геостационарных спутников навигации, действующих в данной местности, и отправляет их в локальную информационную радиосеть, состоящую из таких же объектов. Каждый подвижный объект, также принимает сигналы других объектов радиосети и вычисляет расстояние до других объектов по принятым координатам и уровню радиосигнала от этих объектов. Таким образом, формируется локальная радионавигационная сеть (ЛРНС) с псевдоспутниками [2], в виде участников этой одноранговой сети, что позволяет определять местоположение подвижных объектов с подтверждением достоверности передаваемых данных используя консенсус достоверности местоположения Proof-of-GeoLocation (PoGL), основанный на сравнении усредненных расстояний до соседних объектов, по сигналам с геостационарных спутников и псевдоспутников.

Математическая модель консенсуса PoGL может быть описана следующим образом:

$$\text{Consensus} = M[Dx] \sim M[|GLx - GL0|],$$

где  $M[.]$  – математическое ожидание набора случайных данных;  
 $Dx$  – дистанция по уровню радиосигнала с псевдоспутника;  
 $|GLx - GL0|$  - дистанция по геокоординатам.

При пропадании сигнала одного из псевдоспутников (участников сети) и появлении активной радиопомехи, например, в результате установки «глушилки» на одном из подвижных объектов, распределенная сеть будет вычислять местоположение источника помехи с передачей сигнала тревоги для службы безопасности с принятием мер по поиску пропавшего объекта. Стоит заметить, что отдельно ЛРНС обладает некоторой неопределенностью вычисления координат подвижных объектов без стационарных радиомаяков, имеющих известные координаты.

Предложенную ЛРНС с консенсусом PoGL можно, также, использовать для подтверждения достоверности нахождения водителя и подвижного объекта,



рассматриваемых по данному договору (поездке), в одном месте, т.е. за рулем автомобиля находится именно тот водитель, кто заявлен в заказе (транспортном листе и др.). При этом задействуется смартфон водителя как интеллектуальный контроллер. Не совпадение консенсуса автоматически приводит к блокированию автомобиля интеллектуальным контролером подвижного объекта с информированием службы безопасности автотранспортного предприятия через распределенную сеть подвижных объектов или мобильную сотовую связь.

### **Заключение**

В данной статье рассмотрены актуальные проблемы контроля за подвижными объектами при использовании стандартной схемы с геостационарными спутниками и мобильной сотовой связью. Почеркнуты последствия потери контроля за подвижными объектами. Автором предложен оригинальный вариант решения этой проблемы введением интеллектуального контроля на основе сочетания локальной навигационной системы на основе одноранговой радиосети и глобальной геостационарной системы геопозиционирования. Выявлено побочное преимущество такого варианта в поиске пропавшего объекта, сигнал которого заглушен активным средством подавления сигналов сотовой связи. В продолжение исследования методов повышения кибербезопасности автотранспорта предполагается исследовать вопрос применения индустриального блокчейн для регистрации данных сети ЛРНС с консенсусом PoGL.

### **Литература**

1 Володин, В.А., К вопросу повышения точности геопозиционирования с использованием сотовой связи [Текст] / В.А. Володин, Д.И. Маркин, Е.Г. Бершадская // Современные наукоемкие технологии №5, 2014г.

2 Пудловский, В.Б., Возможности локальных радионавигационных систем для наземных робототехнических комплексов [Текст] / В.Б. Пудловский // Статья в «Известия ТулГУ. Технические науки». Вып.11. ч. 3 – 2016г.

3 Соколов, И.С., Проекты цифрового транспорта с глобальными навигационными спутниковыми системами - путь к построению интегрированных систем цифрового транспорта [Текст] / И.С. Соколов, А.С. Мишарин, В.П. Куприяновский, О.Н. Покусаев, Ю.П. Липунцов. // Статья в журнале International Journal of Open Information Technologies, vol. 7, no. 1, – 2019г.

4 Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС. Описание системы. URL: <https://www.glonass-iac.ru/guide/gnss/glonass.php> (дата обращения: 08.04.2020)

5 Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС. Разработчики систем мониторинга автотранспорта. URL: <https://www.glonass-iac.ru/guide/transport.php> (дата обращения: 08.04.2020)



Л.Д. Семочкина, З.Ф. Камальдинова

## ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТУРИСТИЧЕСКОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ РЕГИОНА

(Самарский государственный технический университет)

В Самарской области, как и во многих регионах России, есть чем привлечь к себе туристов, но, насколько наш регион привлекательнее остальных? Для оценки необходимо провести анализ туристической привлекательности Самарского региона.

Существуют различные подходы к определению туристической привлекательности, например в [1] туристическая привлекательность, это совокупность объективных и субъективных характеристик, материальных и нематериальных факторов, влияющие на результаты туристической деятельности региона, в [2] – умение территории манить к себе туристов, удовлетворяя их туристические потребности

Также, известны различные методы оценки туристической привлекательности. Один из методов предложен в [3] и назван иерархическим.

Рассчитаем коэффициенты для свертки предложенных критериев. Разобьем процесс на два этапа. Так как не представляется возможным выделить наиболее важный критерий из критериев оценки туристической привлекательности регионов (табл. 1), дадим каждому критерию одинаковое количество баллов, в сумме все баллы в итоге дадут, например, 100 баллов. Каждый критерий (кроме пятого) включает в себя определенное количество характеристик, которые имеют не равнозначные уровни важности. Рассчитаем значения коэффициентов для этих характеристик, исходя из предложенных уровней важности методом аналитической иерархии, предложенным Т.Саати [4]. Полученные расчетные значения представлены в таблице 1

Любой регион страны привлекателен по своему, обладает уникальными природными и культурными ресурсами. От правильности использования этих ресурсов и зависит туристическая привлекательность региона. Одним из авторов уже предпринимались попытки проектирования информационной системы поддержки путешественника [5].

Самарская область богата природными ресурсами: уникальная природа, природные заповедники, горы, штольни и пещеры. А также культурными ресурсами: площади, музеи и другие памятники. Для улучшения туристической привлекательности Самарского региона разработана государственная программа «Развитие туристско-рекреационного кластера в Самарской области», благодаря которой регион должен стать привлекательнее для туристов.



Таблица 1 – Критерии и рассчитанные коэффициенты

№	Критерий	Баллы	Характеристики критериев	Принятый уровень важности	Рассчитанный коэффициент
1.	Природные ресурсы региона (климат, водные ресурсы рельеф местности, растения и животные)	20	Климат территории	Наиболее важный	10,41
2.			Водные ресурсы территории	Важный	4,02
3.			Рельеф местности территории	Важный	4,02
4.			Растения и животные имеющиеся на территории	Обычный	1,55
5.	Культурные ресурсы региона (обычаи разных народов, исторические и культурные памятники, историческая архитектура)	20	Обычаи разных народов	Обычный	2,86
6.			Исторические и культурные памятники	Важный	8,57
7.			Историческая архитектура на территории	Важный	8,57
8.	Экономические ресурсы региона (полезные ископаемые, промышленность, финансовые ресурсы)	20	Полезные ископаемые территории	Обычный	4,00
9.			Промышленность на территории	Обычный	4,00
10.			Финансовые ресурсы	Важный	12,00
11.	Инфраструктурные ресурсы региона (транспортное обеспечение, гостиницы, рестораны, кафе, торговые центры)	20	Транспортное обеспечение территории	Важный	4,02
12.			Гостиницы территории	Наиболее важный	10,41
13.			Рестораны и кафе на территории	Важный	4,02
14.			Торговые центры на территории	Обычный	1,55
15.	Местное общество (толерантность местных жителей)	20	Толерантность и гостеприимство местных жителей		20
16.	ИТОГО:				100



Мы предлагаем создание Всероссийского информационного ресурса, где по предложенным критериям оценки туристической привлекательности, каждый желающий сможет проставить свои оценки. В итоге можно будет получить объективную экспертную оценку туристической привлекательности региона, обозначить «проседающие» параметры и на основе этой оценки принимать управленческие решения для улучшения туристической привлекательности того или иного региона.

### Литература

1. Туристической привлекательности региона [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vestnik.uara.ru/en/issue/2013/01/14/> (дата обращения: 08.02.2020)
2. Методы оценки туристической привлекательности региона [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://moi-portal.ru/blogi/19692-metody-otsenki-turisticheskoy-privlekatelnosti-regiona/> (дата обращения: 08.02.2020)
3. Першина Н.В. К вопросу о туристической привлекательности региона [Электронный ресурс] / Н.В. Першина, С.В. Угрюмова. К вопросу о туристской привлекательности территории // Молодой ученый. — 2016. — №16. — С. 187-189. — URL <https://moluch.ru/archive/120/33147/> (дата обращения: 12.02.2020).
4. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.studmed.ru/larichev-oi-teoriya-i-metody-prinyatiya-resheniy\\_82b487700ad.html](https://www.studmed.ru/larichev-oi-teoriya-i-metody-prinyatiya-resheniy_82b487700ad.html) (дата обращения: 10.03.2020)
5. Семочкина, Л.Д. Информационная система поддержки путешественника (на территории полуострова Крым) [Текст]/ Л.Д. Семочкина, А.В. Тимофеев // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2019). – 2019. –С–842–845.

Я.В. Соловьева, Ю.В. Шабанова

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ КЛАССИФИКАЦИИ ТЕКСТОВ НА ЕСТЕСТВЕННОМ ЯЗЫКЕ

(Самарский университет)

На сегодняшний день в условиях стремительного роста текстовой информации в электронном виде и в связи с потребностью в ней ориентироваться, все более актуальной становится проблема построения универсального классификатора текстов, предоставляющего возможность распределения исходного набора статей по нескольким заранее установленным тематикам в соответствии с их смысловым содержанием [1]. Использование такого классификатора позволит сократить трудозатраты на поиск необходимой информации, представленной электронными текстами, а также ограничить поиск относительно небольшим подмножеством документов.



Различные решения данной задачи находят свое практическое применение в таких областях, как составление тематических каталогов, фильтрация спама, классификация сайтов по тематическим каталогам, обработка документооборота и т.д. В настоящее время примерами классификаторов текстов являются такие системы как NNCS (Neural Network Classification & Search), TextAnalystPro, TextCat, CBTReader, а также проект ДИАЛИНГ, который был разработан специалистами факультета лингвистики РГГУ. Однако все они имеют ряд недостатков: во-первых, это коммерческие проекты, стоимость которых достаточно высока, а во-вторых, эти проекты рассчитаны на профессионального пользователя, следовательно, только обучение использованию предлагаемых пакетов займет слишком много времени.

Наиболее распространенными методами решения данной задачи являются методы машинного обучения и методы, основанные на знаниях. Перспективным направлением на сегодняшний день также считается использование метода опорных векторов и метода деревьев решений в качестве основы подобного рода классификатора [2]. Основным преимуществом данных методов является возможность выявления зависимостей, не поддающихся обнаружению при использовании других подходов обработки информации. Методы опорных векторов и деревьев решений в анализе текстовой информации обладают достаточным быстродействием и не зависят от языка предметной области, но при этом, в отличие от многих алгоритмов обработки текстов дают хорошие результаты.

Целью данной работы является исследование возможностей метода деревьев решений и метода опорных векторов в решении задачи классификации текстов в соответствии с их смысловым содержанием, проектирование и реализация классификатора текстов на естественном языке, а также сравнение результатов, полученных при реализации данных методов.

В качестве входных данных для каждого метода классификации было выбрано 7 тематик, содержащих 150 текстовых фрагментов.

Подход к решению задачи классификации текстов без предварительной обработки данных дает плохие результаты, так как задача обладает рядом особенностей:

1. разреженность пространства;
2. высокая размерность пространства;
3. нестатистический характер данных;
4. большой объем данных.

В данной работе была выполнена предобработка входных векторов-документов в виде векторизации данных TF-IDF, что позволило учесть описанные выше особенности пространства и сделать признаки более информативными.

TF — отношение числа вхождения некоторого слова к общему количеству слов документа. Таким образом, оценивается важность термина  $t$  в пределах отдельного документа  $d$ .



IDF — инверсия частоты, с которой некоторый терм встречается в документах коллекции. IDF учитывает тот факт, что если терм встречается во многих документах множества, то он не может являться существенным критерием принадлежности документа рубрике и наоборот [3].

В модели TF-IDF каждому терму  $t$  документа  $d$  ставится в соответствие величина:

$$TF * IDF = TF(d, t) \cdot \log_2 \left( \frac{N}{df(t)} \right)$$

где  $tf(d, t)$  — это частота термина  $t$  в документе  $d$ ,  $N$  — число документов в корпусе,  $df(t)$  — количество документов в которых встречается терм  $t$ .

В данном исследовании классификатор на базе деревьев решений представляет собой дерево, узлами которого являются термы  $t_k$ , каждое ребро обозначено условием  $\geq v_k$  или  $< v_k$ , а листья помечены как  $c_i$  или  $\bar{c}_i$ . Чтобы классифицировать документ  $d_i$  в категорию  $c_i$  или  $\bar{c}_i$  необходимо пройти по узлам дерева начиная с корня, сравнивая веса термина в документе  $w_{kj}$  со значениями  $v_k$  на ребрах (рис. 1).

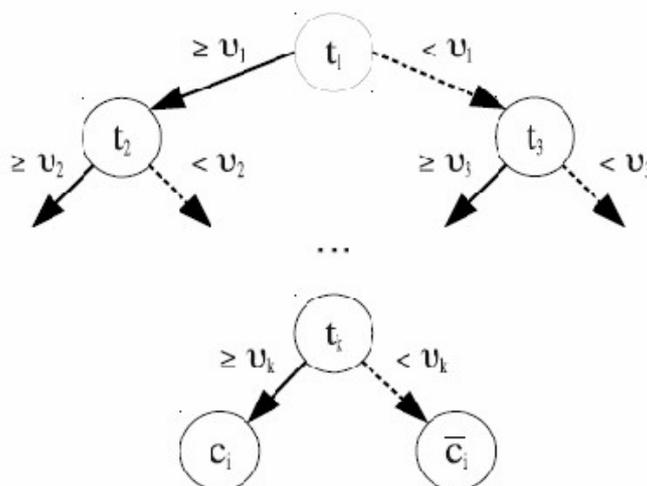


Рис. 1. Дерево решений для категории  $c_i$

В данном методе был применен алгоритм CART для усечения дерева, чтобы уменьшить эффект переобучения. В данном алгоритме каждый узел дерева решений имеет двух потомков. На каждом шаге построения дерева правило, формируемое в узле, делит заданное множество примеров на две части — часть, в которой выполняется правило и часть, в которой правило не выполняется [4]. Для выбора оптимального правила используется функция оценки качества разбиения. В алгоритме CART идея неопределенности формализована в индексе Gini:

$$Gini = 1 - \sum_{i=1}^n p_i^2,$$

где  $T$  — текущий узел, а  $p_i$  — вероятность класса  $i$  в узле  $T$ .

В таблице 1 приведены результаты точности классификации в зависимости от настраиваемого параметра данного метода — глубины дерева.



Таблица 1. Зависимость точности классификации от глубины дерева

Глубина дерева	Средняя точность классификации, %
15	32
30	40
45	54
60	59
90	61
100	63
115	64
130	62

Из таблицы видно, что наилучшие результаты для данной выборки текстов были получены при значении глубины дерева 115. При дальнейшем увеличении глубины наблюдается эффект переобучения.

Метод опорных векторов (SVM) заключается в нахождении гиперплоскости в пространстве признаков, разделяющей его на две части: положительные примеры в одной и отрицательные в другой — у которой минимальное расстояние до ближайших примеров максимально [5]. Некоторая выборка линейно разделима, если в ней возможно получить линейный пороговый классификатор:

$$\text{sign}(\sum_{i=1}^m w_i * x^i - w_0) = \text{sign}(\langle w, x \rangle - w_0),$$

где  $x = (x^1, \dots, x^n)$  — признаковое описание объекта  $x$ ; вектор  $w = (w^1, \dots, w^n) \in R^n$  и скалярный порог  $w_0 \in R$  являются параметрами алгоритма. Таким образом, задача состоит в том, чтобы подобрать значения вектора  $w$  такие, при которых функционал, определяющий число ошибок, равен нулю:

$$\sum_{i=1}^n [y_i(\langle w, x_i \rangle - w_0) \leq 0] = 0.$$

Наилучшие результаты при использовании метода опорных векторов были получены при установлении предельного параметра ошибки в 1, в качестве ядра была выбрана радиальная базисная функция, коэффициент ядра равен 2. При указанных параметрах средняя точность классификации составила 79%.

В таблице 2 приведены результаты сравнения точности классификации методов опорных векторов и деревьев решений в зависимости от заданных тематик при оптимальных параметрах для каждого метода.



Таблица 2. Результаты классификации текстов

Тематика	Деревья решений	SVM
Внешняя экономика	58%	80%
Налоги	54%	69%
Медицина	70%	83%
Туризм	68%	95%
Недвижимость	64%	71%
Наука	47%	58%
Финансы	69%	97%

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что метод опорных векторов показал лучшие результаты, чем метод деревьев решений.

Также по результатам исследований было установлено, что один и тот же уровень точности классификации достигается за счет соблюдения баланса между величиной обучающих текстов и их количеством. Чем меньше по размеру обучающие тексты, тем больше их должно быть в обучающем множестве, соответственно, чем фрагменты больше – тем меньшим их количеством можно обойтись.

### Литература

1. Леонтьева, Н. Н. Автоматическое понимание текстов: системы, модели, ресурсы [Текст]: учеб. пособие для вузов/ Н. Н. Леонтьева – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 304 с.
2. Владимир В.В. Математические основы теории машинного обучения и прогнозирования. – МЦМНО, 2013. – 390 с.
3. Губин, М. В. Модели и методы представления текстового документа в системах информационного поиска [Текст]: дис. канд. физ.-мат. наук: защищена 22.03.05; утв. 15.12.05/ М. В. Губин – М., 2005. – 95 с.
4. Деревья решений – CART математический аппарат [Электронный ресурс]. – <https://basegroup.ru/community/articles/math-cart-part1> (дата обращения 19.03.2018).
5. Воронцов, К.В. Математические методы обучения по прецедентам [Электронный ресурс]. – <http://www.ccas.ru/voron/download/SVM.pdf> (дата обращения 20.03.2018).



## СОДЕРЖАНИЕ

### Автоматизированные системы научных исследований

Albani S.A.A.M., Mylnikov S.A. Measurement uncertainty of indirect measurements evaluation by Monte Carlo method .....	3
Алимурадов А.К., Тычков А.Ю., Чураков П.П. Применение кепстрального анализа и декомпозиции на эмпирические моды в задачах обнаружения и оценки психоэмоциональных расстройств человека по речи .....	7
Андронов Д.Г., Зеленко Л.С. Разработка автоматизированного рабочего места врача-флеболога .....	11
Вакуленко Д.В., Кравец А.Г. Мониторинг состояния сельскохозяйственных земель на основе суперпиксельной сегментации цифровых изображений .....	14
Головастиков А.В., Климентьев К.Е. Задача моделирования «умного» компьютерного контрчервя .....	21
Головнин О.К., Балашов К.О. Построение сверточной нейронной сети для анализа наружных морфологических характеристик медоносных пчел .....	25
Головнин О.К., Маркелов А.В. Разработка пользовательского интерфейса по стратегии UX/UI для мобильного фитнес-приложения .....	28
Головнин О.К., Рыбников Д.В. Автоматизированная система построения цифровых карт местности высокой точности на основе анализа видеозаписей .....	30
Здорнов М.Ю., Храмов А.Г. Методы предварительной обработки данных ЭЭГ .....	33
Кузьмин А.В., Сафронов М.И., Чебан О.Д. Организация программного обеспечения портативной системы мониторинга ЭКГ .....	37
Кузьмин В.С., Панова А.А., Садова К.В. Разработка программного модуля для вычислительной системы по мониторингу и управлению мостовым краном для АЭС .....	39
Литвинов А.А., Зеленко Л.С. Модернизация подсистемы администрирования программного комплекса для расчета показателей генерирующего оборудования .....	43
Максимов А.И. Метод оптимального сверхразрешения одномерных цифровых сигналов .....	46
Мальчиков Д.Д., Прохоров С.А. Использование BLE датчиков для вычисления местоположения устройства в пространстве .....	50
Николашин В.О., Зеленко Л.С. Разработка подсистемы формирования отчетов программного комплекса «Комплекс охраны труда» .....	54
Спиваков Д.А., Зеленко Л.С. Разработка клиент-серверного приложения «Автоматизированное рабочее место врача-эндокринолога» .....	58



Тарасов А.А., Лёзина И.В. Исследование аппроксимативных возможностей нечёткого персептрона при использовании различных ядерных функций .....	61
Умурзакова Д.М. Обзор методов повышения качества работы системы автоматического регулирования тепловой нагрузки .....	64
Феоктистов Д.Ю., Зверева В.В., Аксёнова Е.А. САР межэлектродного зазора электроэрозионного профилирования алмазных шлифовальных кругов .....	66
Широканев А.С., Ильясова Н.Ю. Применение метода конечных элементов для решения задачи распространения тепла на сетчатке глаза при лазерном воздействии .....	72
Щербинин М.К., Зеленко Л.С. Разработка механизма персонализации отчетов программного комплекса «Комплекс охраны труда» и WEB-приложения для их конфигурирования .....	76
Яблокова Л.В., Яблоков Д.Е. Обобщённая реализация алгоритма расчёта математической константы в терминах алгебраических абстракций .....	79

### **Интеллектуальные системы и машинное обучение**

Агафонова Ю.Д., Суровцев Е.Н., Капишников А.В. Автоматизированная локализация менингиом на магнитно-резонансных томограммах головного мозга с помощью методов глубокого обучения .....	84
Альгашев Г.А., Солдатова О.П. Решение задачи подсчёта количества объектов на изображении с помощью свёрточной нейронной сети .....	87
Арутюнов В.А. Результативность и востребованность итогов научных исследований российских учёных в области интеллектуальных систем .....	92
Болотникова Л.В., Лёзина И.В. Распознавание римских цифр с помощью нейронной сети Кохонена .....	95
Вафин Р.Р., Насыров Р.В. Обоснование выбора алгоритма синтаксического анализа предложений для построения непроективного дерева .....	98
Головнин О.К., Альгашева А.А. Анализ технологий видеоаналитики для обнаружения объектов на сложном динамическом фоне при решении задач в отрасли розничной торговли .....	103
Головнин О.К., Мокшин К.Ю. Система поддержки принятия решений при управлении ресторанным бизнесом на основе интеллектуального нейросетевого ядра .....	105
Городецкая Л.А., Гайдель А.В. Прогнозирование курса акций на основе анализа временных рядов .....	108
Гурлина Е.В. Разработка метода выявления текстурных свойств заданных классов изображений с использованием признаков Харалика .....	112
Егунов В.А., Панюлайтис С.В. Распознавание речевых команд с использованием нейронных сетей на низкокочпроизводительных компьютерах .....	116



Ионов А.Н., Зеленко Л.С., Оплачко Д.С. Разработка классификатора изображений с помощью дескрипторов SURF и метода опорных векторов .....	120
Коневский В.В., Гайдель А.В. Трекинг микроскопических объектов в видеопотоке с использованием сверточных нейронных сетей .....	123
Лещева Д.В., Семенова В.А. Управление данными при кластеризации объектов многомерных наблюдений и экспериментов .....	127
Морозов А.О. Использование программного средства «PRO-НК» для управления ресурсами подразделений субъектов туристического кластера .....	132
Нестеров И.О., Лёзина И.В. Автоматизированная система распознавания римских цифр с помощью нейронных сетей Хемминга и Хопфилда .....	135
Ольшанский А.М., Довгерд Г.А. Синтез управления с обратной связью для ИНС Кохонена .....	137
Онисич С.А., Солдатова О.П. Решение задачи классификации с использованием нейронной нечеткой сети Мамдани-Заде .....	141
Орлова Е.В. Сравнительный анализ методов машинного обучения при решении задачи кластеризации в кредитном скоринге .....	146
Паренский Н.А., Парингер Р.А. Исследование алгоритмов детектирования движения в видеопотоке .....	149
Плешаков Е.Г., Зеленко Л.С., Оплачко Д.С. Разработка автоматизированной системы «нейросетевой классификатор текстов на естественном языке» .....	152
Петров О.Т. Возможность применения мультиагентной технологии для планирования расписания учебного заведения в режиме реального времени .....	156
Поцелуйко А.С. Создание адаптивных интерфейсов мобильных приложений для пользователей с ограниченными возможностями .....	160
Шibaева А.О., Солдатова О.П. Генерация топологии радиально-базисной нейронной сети с использованием иммунного алгоритма клонального отбора .....	163

### **Информационная безопасность**

Земцов А.Н., Турицын А.А., Хань Чан Зунг Модернизация сети кредитной организации на основе технологии DMVPN .....	167
Земцов А.Н., Цыбанов В.Ю. Разработка программных средств для защиты изображений методами цифровой стеганографии .....	170
Иливицкий С.А., Зеленко Л.С., Трешников П.В. Разработка комплекса программ для лицензирования и распространения лицензий программного комплекса «Технодок» .....	174
Карнаухов Д.Д., Федосеев В.А. Метод стеганографической передачи информации в тепловых видеоданных .....	178



Козлов Д.А., Федосеев В.А. Метод встраивания стойких цифровых водяных знаков в данные тепловизионной съёмки .....	181
Кусакина Н.М. Применение анализа больших данных в информационной безопасности .....	183
Родичев К.Ф., Дмитриев Ф.А. Разработка алгоритма шифрования с использованием теории графов .....	187
Шаповалова В.И. Вопросы защиты личных данных .....	192
Шибков Д.А., Савилова У.А., Яковлева Д.А., Машкова О.С. Программная реализация подсистемы обнаружения вторжений на основе сетей Петри .....	195
Юмаганов А.С. Метод формирования базисной библиотеки функций в задаче поиска похожих последовательностей кода .....	199

### **Информационные технологии высокопроизводительных вычислений**

Алексеев И.А., Егунов В.А. Балансировка вычислительной нагрузки в гетерогенных вычислительных системах .....	203
Антоненко А.С. Типы контекстной информации для IPTV .....	205
Выгодчикова И.Ю., Павлова А.И., Пекарева Е.Ю. Иерархическая система принятия решений о распределении фонда оплаты труда на основе минимаксного критерия и рейтинговых оценок .....	209
Выгодчикова И.Ю., Кротова Ю.И. Модель зонирования изображений на WEB-странице с использованием минимаксного критерия оптимальности .....	213
Выгодчикова И.Ю. Технология портфельного инвестирования на основе минимаксного критерия .....	217
Головашкин Д.Л., Яблокова Л.В. Блочный алгоритм метода Якоби для решения неявных сеточных уравнений. Одномерный случай .....	221
Головнин О.К., Мызников А.А. Цифровые решения для построения темпоральных баз больших данных .....	225
Пшеничных А.О., Ватутин Э.И. Влияние выбора начального цвета на качество решений для метода взвешенного случайного перебора при поиске раскраски графа .....	228
Дон Цзе, Востокин С.В. Исследование динамических систем с использованием платформ распределенных вычислений EVEREST и MYBINDER .....	232

### **Информационные технологии на транспорте**

Арискин Е.О., Никитин А.В., Солдаткин В.М., Мальцев С.С. Система измерения параметров вектора ветра на борту вертолета с неподвижным приемником, ультразвуковыми и аэрометрическими каналами .....	236
Бородинов А.А. Метод численного анализа данных транспортных корреспонденций пользователей общественного транспорта .....	240



Бородинов А.А. Определение предпочтений участника дорожного движения на личном транспорте методом парных сравнений .....	244
Головнин О.К. Предсказательная модель выявления возможных угроз безопасности функционирования транспортной системы на основе интеллектуального анализа федеративных данных SMART CITY .....	248
Головнин О.К., Мавлютов В.Д. Архитектурная и математическая модели трехконтурной инерциальной навигационной системы для мобильных устройств .....	250
Еличкина А.А., Котенко А.П. Построение множества оптимальных маршрутов на графе с мультиразметкой рёбер .....	253
Исайчева А.Г., Тепляков В.Б., Шашин Д.А., Яшин И.С., Башаркин М.В. Совершенствование метода мониторинга асимметрии тягового тока .....	255
Климова Д.С. Применение алгоритма Random Forest в прогнозировании дорожного трафика на примере города Самара .....	259
Михеев С.В., Чекина Е.В., Михеева Т.И. Цифровая визуализация сетевидного геопространственного зонирования и управления транспортной инфраструктурой .....	262
Михеева Т.И., Батищева О.М., Чугунов А.И. Автоматизированный системный анализ оперативных данных в ITSGIS .....	267
Михеева Т.И., Михеев С.В. Принципы объектно-ориентированного проектирования интеллектуальной транспортной геоинформационной системы .....	272
Михеева Т.И., Тихонов А.Н., Михеев С.В. Модели транспортных потоков в интеллектуальной транспортной системе ITSGIS .....	281
Михеева Т.И., Чугунов А.И. Аналитика дорожно-транспортных происшествий с визуализацией их на интерактивной карте ITSGIS .....	289
Никищенков С.А., Асабин В.В., Семенкина М.А. Контроль и диагностика железнодорожных технологических процессов с использованием моделей параллельных вычислений .....	294
Солдаткин В.М., Солдаткин В.В., Ефремова Е.С., Прохоров К.Н. Имитационное моделирование каналов восприятия информации на поверхности неподвижного невыступающего приемника набегающего потока .....	298
Солдаткин В.М., Солдаткин В.В., Никитин А.В., Бахтиев И.Э. Обеспечение помехоустойчивости системы воздушных сигналов самолета с неподвижным невыступающим приемником набегающего воздушного потока .....	302
Тарасов Е.М., Булатов А.А., Исайчева А.Г., Тарасова А.Е. Принцип построения системы диагностирования токопроводящих стыков .....	306
Тарасова А.Е., Кравцова Н.А. Оптимизация входных и выходных импедансов четырехполюсника рельсовой линии методом Хука-Дживса .....	311



## Моделирование и анализ сложных технических систем

Alalvan A.R.J., Mischenko D.A., Vagarina N.S. Wireless sensor networks energy efficiency enhancing .....	316
Bagaev I.S., Albani S.A.A.M., Pchelintseva E.G. High performance cognitive radio platform .....	322
Gburi O.K.A.Z., Ali M.T., Shevchenko A.A., Umnova E.G. Watering control and optimization using diffused capacitance-based sensing .....	326
Богданова Ю.Н., Парингер Р.А. Сравнительный обзор возможностей средств разработки программ для систем виртуальной реальности .....	331
Боднарчук Г.А., Владимиров С.З., Новиков А.О., Чернобровин Н.Г. Система управления установкой очистки нефти .....	336
Васин Н.Н., Ибатуллина Е.А. Методика оценки влияния потерь пакетов при перегрузках в сети .....	338
Верхотуров М.А., Верхотурова Г.Н., Верхотурова О.М., Иванова А.Н. О методах оценки временных ресурсов программных проектов .....	342
Верхотуров М.А., Верхотурова Г.Н., Айбулатов М.И., Зарипов Д.Р. О задаче построения пути режущего инструмента с учетом термических воздействий при раскрое плоского материала .....	346
Верхотуров М.А., Верхотурова Г.Н., Петренко С.В. Поиск локального экстремума задачи размещения многоугольников в области из анизотропного материала .....	352
Владимиров С.З., Новиков А.О., Чернобровин Н.Г., Черномырдин И.С. Программа управления вакуумно-выпарной установкой .....	356
Ефимушкина Н.В. Имитационные модели одноранговых локальных сетей .....	357
Зотеев В.Е., Башкинова Е.В., Староквашева П. В. Математическое моделирование функционирования энергетической системы Самарской области .....	361
Ибатуллина Е.А. Контроль перегрузок в сетях пакетной коммутации .....	366
Котенко А.А., Котенко А.П. Подбор управляющих факторов при многокритериальном управлении посредством системы регрессий .....	368
Кусаинов Д.М., Столбова А.А. Автоматизированная система распознавания текста с табличными структурами на изображениях .....	370
Кучеренко А.А., Кравец А.Г. Исследование регионального инвестиционного климата южных регионов России на основе кластерного анализа .....	373
Мамышев М.Э. Имитационная модель суперскалярного процессора .....	376
Нааман И.Х.Н., Потемкин С.А., Мельникова Н.И. Скоростной алгоритм формирования изображений с высоким разрешением .....	380
Привалов А.Ю., Царёв А.А. Исследование гибридной модели человеческой мобильности для имитационного моделирования .....	386
Сайфитдинов Т.И., Маликов Р.Ф. Имитационное моделирование эпидемии COVID-19 .....	390



Сафронов А.И., Кузьмичев А.Б. Моделирование внутренней баллистики системы с разделением заряда .....	394
Соловьев М.В. Мобильная генерация случайных чисел .....	398
Учайкин Р.А. Метод анализа обеспеченности подразделений предприятия средствами вычислительной техники .....	402

### **Философия искусственного интеллекта и трансгуманизм**

Бахметьев А.Э. Интуиция в метафизическом познании .....	406
Богатырева Е.Д. Технология и культура: подтексты нового .....	409
Гагаев А.А., Гагаев П. А. Русская этнокультурная модель мышления. Троичная информатика Н.П. Брусенцова. Троичная модель числа .....	413
Гатен Ю.В. «Цифровое поколение»: миф или реальность? .....	417
Головина Е.С. Необходимые ограничения для систем автоматизированного управления опасным производством .....	419
Демин И.В. Владимир Вернадский и Лев Лопатин: спор о научном мировоззрении .....	425
Демина А.И., Нестеров А.Ю. Семиотический подход к анализу понятия творчества .....	429
Джелмач Н.С. Возрастная периодизация в современной философии возраста .....	433
Казанцева С.Г. Особенности современной визуальной коммуникации в повседневном пространстве человека .....	437
Лучникова Е.Е. Эмоциональное восприятие людей искусственного интеллекта .....	441
Нестеров А.Ю. Общие рамки понятия «неопределённость» .....	444
Огнев А.Н. Опциональная идентификация онтогносеологической проблемы в философии информационного общества .....	448
Разинов Ю.А. Гуманитарное знание в условиях рынка: маргинализация или регионализация? .....	450
Родионов Н.В., Загидуллин Р.С. Новизна изобретений в философии техники и способы её достижения .....	454
Родионов Н.В. Принципы оценки полезности изобретений в философии техники .....	458
Сериков А.Е. Предрасположенность детей к принятию и принесению жертвы (на основе анализа детских рассказов Н. Носова) .....	462
Слащанина А.П. Критика трансгуманизма с позиций энвайронментализма .....	466
Трафимова Г.А. Цифровое неравенство как феномен современного общества .....	469



## Цифровизация и управление в социальных системах

Асеева С.Д., Асеева Е.Н., Авдеюк О.А. Актуализация графических компетенций преподавателей при обучении моделированию для печати на 3D-принтере .....	474
Ворошилов В.В., Башарин Н.В. Информационная система кластеризации и классификации объектов в слабоформализуемых областях .....	478
Иващенко А.В., Додонова Е.А., Корчивой С.А. Онтология инфраструктурного возврата цифровой экономики .....	482
Жуков Д.Д., Камальдинова З.Ф. Разработка сайта поддержки регионального конкурса .....	486
Имуков В.А., Камальдинова З.Ф. Обработка и анализ данных по итогам областного конкурса исследовательских проектов обучающихся .....	490
Королёв А.П. Факторы, повышающие производительность учётных систем .....	492
Кузовенков А.О. Совершенствование процесса автоматической проверки задач по программированию .....	495
Кузьмина Ю.В., Ворошилов В.В. Определение психологического профиля молодых исследователей с помощью ИС .....	499
Никишин Д.М., Камальдинова З.Ф. Кластеризация пикселей изображения при помощи алгоритма «k-средних» .....	503
Петров О.Т. Метод подтверждения достоверности местоположения подвижного объекта на основе консенсуса внешних наблюдателей .....	506
Семочкина Л.Д., Камальдинова З.Ф. Подход к определению туристической привлекательности региона .....	509
Соловьева Я.В., Шабанова Ю.В. Исследование методов классификации текстов на естественном языке .....	511



**Перспективные информационные технологии (ПИТ 2020):**  
труды Международной научно-технической конференции  
**Advanced Information Technologies and Scientific Computing**  
**(PIT 2020):** Proceedings of the International Scientific Conference

Размещено на сайте <http://www.ssau.ru/> 21.04.2020

Кол-во эл. носителей 100 экз.

Объем издания 28,4 Мбайт

---

Издательство Самарского научного центра Российской академии наук  
443001, г. Самара, Студенческий пер., 3а  
тел.: (846) 340-06-20