

ИИИТ - 2015

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

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

**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**

28 – 30 апреля 2015 г.

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

ТОМ 2



САМАРА, 2015

УДК 004

Перспективные информационные технологии (ПИТ 2015), Том 2: труды Международной научно-технической конференции / под ред. С.А. Прохорова. – Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2015. – 388 с.

Advanced Information Technologies and Scientific Computing (PIT 2015) Volume 2: Proceedings of the International Scientific Conference / Ed. S.A. Prokhorov, Russia, Samara: Samara Scientific Center of RAS, 2015. – 388 p.

ISBN 978-5-93424-735-6

В сборник научных трудов включены доклады Международной научно-технической конференции «Перспективные информационные технологии – 2015», проходившей с 28 – 30 апреля 2015 г. в Самарском государственном аэрокосмическом университете имени академика С.П. Королева (национальном исследовательском университете).

Рассмотрены актуальные проблемы создания автоматизированных информационных систем, автоматизированных систем научных исследований, интеллектуальных информационных систем, технологий информационной безопасности, информационных технологий в медицине, информационных технологий высоко-производительных вычислений, телекоммуникаций, информационных технологий на транспорте, методик обучения и компьютерных обучающих программ, моделирования и анализа сложных технических систем, 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., Дерябкин В.П., Еленев Д.В., Заболотнов Ю.М.,
Куликовских И.М., Лёзин И.А., Михеева Т.И., Нестеров А.Ю.,
Новиков С.Я., Солдатова О.П.

ISBN 978-5-93424-735-6

© Оргкомитет конференции, 2015
© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2015



ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

А.В. Баландин

МОДЕЛЬ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ И АСИНХРОННЫХ ТЕМПОРАЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ С АВТОВАЛИДАЦИЕЙ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

В данной работе предлагается модель параллельных и асинхронных вычислений над динамическими данными $d_1(t), d_2(t), d_3(t), \dots, d_n(t)$, осуществляемых в режиме реального времени абстрактной вычислительной системой с ограниченной производительностью. Значения данных обновляются в вычислительной системе в заданном темпе, и возможность их использования в вычислениях в текущий момент реального времени ограничено соответствующим интервалом времени на временной шкале. Зафиксированные текущие значения динамических данных будем называть *датированными значениями*, а соответствующий интервал времени – *интервалом репрезентативности* датированного значения. Величину (протяжённость) интервала репрезентативности будем называть *периодом репрезентативности* датированного значения. В течение периода репрезентативности текущее датированное значение не меняется и считается соответствующим текущему значению реального времени.

Формально датированное значение опишем кортежем $\langle z, \dot{t}, \tau \rangle$, где: z - абстрактное значение динамического данного; \dot{t} - показание времени в момент формирования значения z , являющееся началом интервала репрезентативности текущего датированного значения; τ - величина периода репрезентативности датированного значения; $[\dot{t}, \dot{t} + \tau]$ - интервал репрезентативности текущего датированного значения на временной шкале.

Темпоральным данным или коротко *датумом* будем называть динамическое данное $d(t)$, изменявшееся на отрезке времени $[0, t]$ и имеющее в текущий момент t следующее значение:

$$d(t) = \begin{cases} \langle \emptyset, 0, \varpi \rangle_0, t \in [0, \varpi] \\ \langle z, \dot{t}, \tau \rangle_1, t \in [\dot{t}_1, \dot{t}_1 + \tau_1] \\ \langle z, \dot{t}, \tau \rangle_2, t \in [\dot{t}_2, \dot{t}_2 + \tau_2] \\ \dots \\ \langle z, \dot{t}, \tau \rangle_i, t \in [\dot{t}_i, \dot{t}_i + \tau_i] \\ \langle z, \dot{t}, \tau \rangle_{i+1}, t \in [\dot{t}_{i+1}, \dot{t}_{i+1} + \tau_{i+1}] \\ \dots \\ \langle z, \dot{t}, \tau \rangle_k, t \in [\dot{t}_k, \dot{t}_k + \tau_k] \\ \langle \emptyset, \dot{t}_k + \tau_k, \omega \rangle, t > \dot{t}_k + \tau_k \end{cases}$$



Датированное значение с индексом $k=0$ является начальным состоянием $d(t)$ и до момента t_1 датум $d(t)$ является пустым - $\langle \emptyset, 0, \omega \rangle$, символ \emptyset означает *пустое* значение, а символ ω - *неопределённое* значение периода репрезентативности. В момент t_1 датум $d(t)$ инициализируется первым датированным значением $\langle z, t, \tau \rangle_1$. Момент t_k - момент получения датумом $d(t)$ очередного крайнего датированного значения $\langle z, t, \tau \rangle_k$. Каждый раз в момент t - момент получения датумом $d(t)$ очередного крайнего значения, значение k увеличивается на 1. В текущий момент времени t датум $d(t)$ имеет значение:

$$d(t) = \begin{cases} \langle z, t, \tau \rangle_k, & t \in [t_k, t_k + \tau_k] \\ \langle \emptyset, t_k + \tau_k, \omega \rangle, & t > t_k + \tau_k. \end{cases}$$

Упорядоченное во времени множество зафиксированных к текущему моменту времени t датированных значений, характеризующее изменение значения датума $d(t)$ на текущем отрезке времени $[0, t]$, будет представлять собой временной ряд датированных значений – *тренд* датума $d(t)$:

$$\bar{d}(t) = \{ \langle z, t, \tau \rangle_i \}_{i=0,1,2,\dots,k}, t \in [t_k, t_k + \tau_k].$$

Датированные значения датума $d(t) = \{ \langle z, t, \tau \rangle_i \}_{i=0,1,2,\dots,k}$ должны удовлетворять условию $t_i = t_{i-1} + \tau_{i-1}$, т.е. теоретически датум определён во всех точках временной оси. Однако на практике может оказываться так, что в какие-то моменты из-за возросшей вычислительной нагрузки вычислительная система не успевает своевременно вычислить и/или заменить значение датума с истёкшим периодом репрезентативности новым значением. В результате два последовательных датированных значения тренда датума $d(t)$ "не стыкуются", т.е. оказывается, что $t > t_k + \tau_k$, и с этого момента текущее значение $d(t)$ теоретически интерпретируется как пустое с неопределённым периодом репрезентативности - $\langle \emptyset, t_k + \tau_k, \omega \rangle$. В результате в тренде датума появляются "пустоты", которые могут приводить к сбою параллельно выполняемых асинхронных темпоральных вычислений, зависящих от этого датума. Вычисления восстанавливаются, когда текущее пустое значение датума $d(t)$ заменяется в некоторый момент времени $t > (t_k + \tau_k)$ новым датированным значением. Интервал времени $(t_k + \tau_k, t)$ будем называть *интервалом неопределённости* датума $d(t)$, а его продолжительность - $t - (t_k + \tau_k)$, - *периодом неопределённости* датума $d(t)$.

Теоретически текущее значение датума $d(t)$ на интервале неопределённости является пустым. Это означает, что текущее значение датума $d(t)$ не является валидным для выполнения связанных с ним текущих вычислений. Если параллельно и асинхронно выполняемые вычисления воспользуются в текущий момент времени t значением датума на интервале неопределённости, то теоретически вычисленное значение должно быть пустым - $\langle \emptyset, t, \tau \rangle$. Это означает, что вычислительная система в лучшем случае временно теряет способность осуществлять с заданным в реальном времени темпом некоторые параллельно



выполняемые вычисления с возможными в результате негативными последствиями. Поэтому с практической точки зрения для сдерживания негативных последствий можно допустить кратковременное использование в вычислениях устаревающего значения датума, но с учётом степени устаревания. Для этого введём понятие степени валидности темпорального данного $d(t)$ в текущий момент времени t , которую обозначим $v(t)$. Формально степень валидности датированного значения $\langle z, \dot{t}, \tau \rangle$ выразим в виде:

$$v(t) = \begin{cases} 1, & t \in [\dot{t}, \dot{t} + \tau]; \\ \frac{\tau}{t - \dot{t}}, & t > \dot{t} + \tau. \end{cases}$$

Значение степени валидности $v(t) \in [0, 1]$ эвристически характеризует степень доверия тому, что устаревающее значение датума $d(\dot{t})$ мало отличается от реального значения, соответствующего текущему моменту времени t . Из формулы следует, что пока текущее время находится в пределах интервала репрезентативности степень валидности текущего значения $d(t)$ равен 1 – значение соответствует текущему времени. При выходе текущего момента времени t за пределы интервала репрезентативности датума $d(t) = \langle z, \dot{t}, \tau \rangle$, т.е. $t > \dot{t} + \tau$, степень валидности текущего значения $d(t)$ становится меньше 1 и далее на интервале неопределённости стремиться к 0:

$$\frac{\tau}{t - \dot{t}} \xrightarrow{t \rightarrow \infty} 0.$$

При этом скорость стремления степени валидности к нулю в окрестности верхней границы интервала репрезентативности устаревшего значения зависит от величины его периода репрезентативности τ . Чем больше τ , тем меньше скорость убывания $v(t)$.

В соответствии со значением степени валидности $v(t)$ текущее значение $d(t)$ будем характеризовать как: *чёткое* (достоверное) – $v(t)=1$; *нечёткое* – $0 < v(t) < 1$; *пустое* (недостоверное) – $v(t)=0$.

Характеристика "*чёткое*" говорит о том, что текущее значение темпорального данного $d(t)$ является репрезентативным (находится на интервале репрезентативности). Для "*жёстких*" темпоральных вычислений текущие значения всех темпоральных данных должны быть чёткими.

Характеристика "*нечёткое*", $0 < v(t) < 1$, говорит о продлении действия ($t > \dot{t} + \tau$) и деградации во времени текущего значения датума $d(t)$. Чем ближе $v(t)$ к единице в момент времени t , тем "более пригодным" является это значение для дальнейшего использования в вычислениях. Значения нечётких датумов можно использовать только в "*мягких*" вычислениях, допускающих кратковременную деградацию результатов вычислений при временном возрастании интенсивности вычислений и нагрузки на вычислительную систему. Оценка степени валидности позволяет контролировать деградацию значений датумов во времени.

Характеристика "*пустое*" ($v(t)=0$) говорит о том, что текущее значение да-



тума $d(t)$ полностью утратило связь с текущим временем (окончательно деградировало), стало пустым и практически непригодным для использования в вычислениях в текущий момент времени t . Заметим, что такую же характеристику датум $d(t)$ имеет в начале вычислений - $0 \leq t < \dot{t}_1$, пока не станет чётким в результате получения первого датированного значения.

Положим теперь, что значения датумов $d_1(t), d_2(t), d_3(t), \dots, d_n(t)$ используются при вычислении текущего значения некоторого производного датума $D(t)$. Вычисление значения датума $D(t)$ формально обозначим оператором O_{dD} и определим его следующим образом:

$$O_{dD}: (d_1, d_2, \dots, d_n, t) \rightarrow D(t) = \langle z_D, \dot{t}_D, \tau_D \rangle.$$

где: $d_i = \langle z_{d_i}, \dot{t}_{d_i}, \tau_{d_i} \rangle, i = \overline{1, n}$; $z_D = F_D(z_{d_1}, z_{d_2}, \dots, z_{d_n})$ - процедура вычисления значения датума $D(t)$; $\dot{t}_D = t$ - зафиксированное значение текущего момента времени получения результата вычисления; $\tau_D = const$ - заданный для $D(t)$ период репрезентативности полученного датированного значения - *темп вычислений* $D(t)$.

Из определения оператора O_{dD} следует, что его результат является датированным значением датума $D(t)$, отмеченным текущим моментом времени - $\dot{t}_D = t$, с априори заданным периодом репрезентативности τ_D . Процедура вычисления и обновления датума $D(t)$ периодически инициируется каждый раз по истечении очередного периода репрезентативности τ_D текущего значения $D(t)$.

Очевидно, что степени валидности датумов $d_i(t)$, должны определять начальную степень валидности результата преобразования $D(t)$. Естественно полагать, что степень валидности результата преобразования не может превышать наименьшую из степеней валидности исходных датумов. Исходя из этих соображений, начальное значение степени валидности результата преобразования $D(t)$ формально выразим эвристической формулой вида:

$$v_D(\dot{t}_D) = \min\{v_{d_1}(\dot{t}_D), v_{d_2}(\dot{t}_D), \dots, v_{d_n}(\dot{t}_D)\}.$$

Начальная валидность будет сохраняться на протяжении всего периода репрезентативности $D(t)$. Если текущее время t выходит из текущего интервала репрезентативности $D(t)$, то инициируется очередное вычисление оператора O_{dD} и обновление $D(t)$. Если очередное вычисление и обновление производного датума запаздывает из-за перегрузки вычислительной системы, то текущее значение $D(t)$ деградирует и его степень валидности должна уменьшаться с увеличением интервала неопределённости. С учётом этого общую эвристическую формулу вычисления степени валидности текущего значения $D(t)$ определим в виде:

$$v_D(t) = \begin{cases} v_D(\dot{t}_D) = \min\{v_{d_1}(\dot{t}_D), v_{d_2}(\dot{t}_D), \dots, v_{d_n}(\dot{t}_D)\}, & t \in [\dot{t}_D, \dot{t}_D + \tau_D]; \\ v_D(\dot{t}_D) \cdot \frac{\tau_D}{t - \dot{t}_D}, & t > \dot{t}_D + \tau_D. \end{cases}$$

Заметим, что если при вычислении производного датума $D(t)$ среди датумов-аргументов оказываются датумы со степенью валидности меньше 1, то целесообразно кратковременно увеличить темп вычисления $D(t)$ до момента, пока



контролируемая степень валидности значения $D(t)$ не станет равной 1 (произойдет обновление "опоздавших" датумов-аргументов).

В заключении отметим, что предложенная модель темпоральных вычислений обеспечивает автоматический контроль степени валидности темпоральных данных (автовалидация), что является важным при выполнении вычислений в различных системах реального времени.

Н.И. Виноградов

АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС GPS/GLONASS ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ОДНОСТОРОННЕЙ СЕТЕВОЙ ЗАДЕРЖКИ ПАКЕТОВ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королёва (национальный исследовательский университет))

Маршрутизация в глобальной сети представляет собой сложный механизм. Качество процесса маршрутизации описывается такими параметрами как временная задержка пакетов, сетевой джиттер (вариация задержки), величина потерь пакетов и доступная пропускная способность канала[1]. Временная задержка и сетевой джиттер являются ключевыми параметрами для приложений, связанных с общением пользователей в сети – интернет-телефония, видеоконференции[2]. Однако существующие измерительные механизмы способны находить только двухстороннюю задержку (RTT), которая не позволяет однозначно определять OWD (onewaydelay), необходимую для правильной настройки приложений.

Для мониторинга OWD один из пяти региональных интернет-регистраторов RIPE NCC вплоть до 01 июля 2014 года предоставлял пользователям мирового интернет-сообщества доступ к сервису TestTrafficMeasurement (TTM)[3], позволявшему измерять ключевые характеристики соединения между отдельными узлами в сети Интернет, сохранять экспериментальные данные и статистически обрабатывать их. Аппаратно данный сервис реализовывался путем размещения у конечного пользователя сервера с платой приемника GPS и внешней антенны для устойчивого приема сигналов от спутников[4]. Точность измерения односторонней сетевой задержки при передаче между узлами обеспечивалась путем прикрепления к пакету точной временной метки. Для этого GPS-приемник после нахождения географического местоположения формирует на своем выходе PPS (pulse per second) прямоугольный сигнал с периодом 1 секунда и настраиваемой скважностью, фронт которого синхронизирован с временем GPS или UTC (Coordinated universal time) с точностью ± 40 нс[5]. Указанный сервис не получил широкого распространения, было запущено недостаточное количество узлов из-за их высокой стоимости и инсталляции и сопровождения. В результате проект был свернут.



Предложенная RIPENCC технология синхронизации узлов передачи данных с помощью спутниковой системы GPS/GLONASS позволяет создать доступный измерительный комплекс для измерения односторонней задержки пакетов, используя современную аппаратную базу. В основу комплекса положен комбинированный GPS/GLONASS-приемник общего применения на основе чипа UBX-G6010-ST компании U-blox AG. Выбранный приемник отличается высокой чувствительностью до -162 дБм, большим количеством программных настроек, возможностью формирования до двух сигналов PPS независимыми настройками и точностью синхронизации до ± 30 нс [6]. Также аппаратный комплекс включает в себя преобразователь логических уровней RS-232/TTL для согласования порта UART GPS/GLONASS-приемника с COM-портом персонального компьютера, а также цепи питания от порта USB. Сигналы TX и RX приемопередатчика UART модуля U-blox передаются на сервер для оперативного изменения настроек приемника, а также для получения данных о текущем режиме работы приемника и точных географических координатах расположения сетевого узла для дальнейшей обработки полученных статистических данных.

Рассмотрим теоретические аспекты формирования точного сигнала PPS для синхронизации сетевых узлов. Точность временного импульса определяется отклонением от опорного времени. Каждый навигационный спутник на орбите несет высокоточные атомные часы, которые и будут приняты нами за опорное значение. Задержка формирования импульса сигнала точного времени для любого спутника на Земле складывается из следующих составляющих [7]:

- 1) Постоянная составляющая задержки связана с задержкой распространения электромагнитной волны в волноводе между антенной и приемником.
- 2) Кратковременная составляющая задержки возникает от импульса к импульсу и связана с процессами генерации и квантования временного импульса.
- 3) Задержка неопределенности (флуктуации) положения связана эффектом многолучевого распространения сигнала или вызвана разнящимися временами прохождения сигнала в ионосфере.

Первая составляющая задержки в нашем случае играет номинальную роль, поскольку пассивная антенна расположена непосредственно на плате приемника спутниковых сигналов. Она составляет для нашего случая 0.2 нс (при длине волновода $0,05$ м). Более существенной является задержка распространения сигнала в преобразователе интерфейсов RS-232/TTL. По данным производителя микросхемы MAX3232 типовое время распространения при напряжении питания $V_{cc} = 5 \pm 0,5$ В составляет 300 нс. Обе эти составляющие задержки учтены в настройках приемника в части генерации сигнала PPS.

Ошибка квантования связана с особенностями работы встроенного генератора приемника с выходной частотой 48 МГц, при формировании сигнала PPS частотой кратному целому числу величина джиттера задержки



минимальна. Для сигнала PPS частотой 1 Гц величина ошибки квантования рассчитывается средствами встроенного программного обеспечения чипа U-bloxi может быть учтена разработчиком.

Эффект многолучевого распространения может быть компенсирован использованием приемной антенны соответствующей формы и функционированием приемника в режиме наблюдения одного навигационного спутника. Этот режим возможен в случае стационарного размещения аппаратного комплекса в месте с точно рассчитанными географическими координатами. Точность временного решения находится в прямой зависимости от точности географического решения. Точность временной синхронизации не хуже ± 10 нс возможно при точности географического решения не хуже 1 м. При длительном наблюдении видимых спутников навигационной группировки приемник способен рассчитать географическое решение с необходимой, заранее заданной точностью, после чего переходит в режим наблюдения одного выбранного спутника, что позволяет избежать влияния эффекта многолучевого распространения.

Еще один аспект использования навигационного приемника в качестве источника временной синхронизации связан с выбором параметров сигнала PPS. Для обеспечения долговременной стабильности и компенсации кратковременных флуктуаций (джиттера) целесообразно использовать сигнал с периодом $T=1$ с. Величина скважности составит

$$D = \frac{T}{\tau} = \frac{1\text{с}}{200\text{мс}} = 5$$

Где $\tau=200$ мс - длительность импульса сигнала PPS. Этот параметр отражает характер формируемого приемником сигнала PPS, необходимого для стабильной фиксации события подсистемой обработки прерываний ПК.

Для того чтобы оценить эффективность географической маршрутизации необходимо сначала обратиться к природе задержек пакетов в компьютерных сетях. Существуют две основные причины, объясняющие задержки в сети [8]. Первая из них связана с физическими принципами и объясняется распространением сигнала с хоть и гигантской, но конечной скоростью равной скорости света в среде. Эта составляющая зависит от длины линий связи, составляющих маршрут и проходящий все промежуточные узлы. Такая составляющая задержки получила название задержки распространения.

Второй тип задержки связан с обработкой пакетов в точках передачи и приема, а также на промежуточных маршрутизаторах. Эта величина носит случайный характер и описывается теорией массового обслуживания. Различают задержку обработки, передачи, ожидания и т.д.

Целью создания аппаратного комплекса по измерению односторонней задержки передачи пакетов является проведение серии экспериментов по измерению минимальной односторонней задержки передачи по сетям на различные расстояния, что позволит построить экспериментальную кривую зависимости временной задержки от расстояния и вычлени



телекоммуникационную составляющую. Для этого будет разработан программный продукт на основе операционной системы реального времени, который возможно разместить на большом количестве измерительных узлов для проведения необходимых экспериментов и получения необходимого количества экспериментальных данных.

В работе предложена концепция и аппаратное решение по созданию комплекса для измерения односторонней сетевой задержки пакетов.

Литература

1. Chimento P. IP packet delay variation metric for IP performance metrics (IPPM)[Текст]/С. Demichelis, P. Chimento//RFC 3393, November 2002.
2. Soo Ngee K. Effect of delay and delay jitter on voice/video over IP [Текст]/L. Zhang, L. Zheng, K. Soo Ngee//Computer Communications. – 2002. – Т. 25. – №. 9. – С. 863-873.
3. Test Traffic Measurement Service [Электронный ресурс]/RIPE NCC. - Электрон. текстовые дан. on-line. – Загл. титул. экрана. -URL: <https://www.ripe.net/data-tools/projects/archive/ttm/test-traffic-measurement-service> (Дата обращения 21.02.2014).
4. Installation Instructions for GroupC TTEC Test-boxes [Электронный ресурс]/RIPE NCC. - Электрон. текстовые дан. on-line. – Загл. титул. экрана. -URL: <https://www.ripe.net/data-tools/projects/archive/ttm/current-hosts/group-c-ttec> (Дата обращения 21.02.2014).
5. U-blox - GPS Essentials of Satellite Navigation, GPS-X-02007 [Электронный ресурс]/U-Blox AG. - Электрон. текстовые дан. on-line. – Загл. титул. экрана. -URL: http://www.u-blox.com/images/stories/Resources/gps_compendiumgps-x-02007.pdf (Дата обращения 21.02.2014).
6. U-blox - UBX-G6010-ST_ProductSummary_(GPS.G6-HW-09001) [Электронный ресурс]/U-Blox AG. - Электрон. текстовые дан. on-line. – Загл. титул. экрана. -URL: https://u-blox.com/images/downloads/Product_Docs/UBX-G6010-ST-TM_Product_Summary_%28GPS.G6-HW-11034%29.pdf (Дата обращения 21.02.2014).
7. U-blox- GPS-based Timing Considerations with u-blox 6 GPS receivers. Application Note]/U-Blox AG. - Электрон. текстовые дан. on-line. – Загл. титул. экрана. -URL: [http://www.u-blox.com/images/downloads/Product_Docs/Timing_AppNote_\(GPS.G6-X-11007\).pdf](http://www.u-blox.com/images/downloads/Product_Docs/Timing_AppNote_(GPS.G6-X-11007).pdf) (Дата обращения 21.02.2014).
8. Sukhov A. M. Evaluating the effectiveness of geographic routing based on RIPE Atlas data [Текст]/А.М.Сухов// 22nd Telecommunications forum TELFOR 2014. - Belgrade, Serbia, 2014.



И.В. Гринь, Р.А. Ершов, О.А. Морозов

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНО ЭФФЕКТИВНЫЙ АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЗАИМНОЙ ВРЕМЕННОЙ ЗАДЕРЖКИ СИГНАЛОВ ПРИ БОЛЬШИХ ОБЪЕМАХ ВЫБОРОК

(Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского)

Одним из наиболее универсальных методов определения местоположения источника радиоизлучения является разностно-дальномерный метод, для применения которого необходимо определить взаимные временные задержки принятых сигналов.

Определение местоположения источника радиоизлучения разностно-дальномерным методом основано на решении системы нелинейных уравнений

$$\begin{cases} \Delta R_{ij} = R_{iM} - R_{jM} = c(\tau_{iM} - \tau_{jM}) = c\Delta\tau_{ij}, \\ R_{iM} = \sqrt{(x_i - x_M)^2 + (y_i - y_M)^2 + (z_i - z_M)^2}, \\ R_{jM} = \sqrt{(x_j - x_M)^2 + (y_j - y_M)^2 + (z_j - z_M)^2}, \end{cases} \quad (1)$$

где ΔR_{ij} – разности расстояний между точкой излучения (x_M, y_M, z_M) и несколькими точками (ИСЗ) приема сигнала с соответствующими координатами (x_i, y_i, z_i) , $\Delta\tau_{ij}$ – временные задержки распространения сигналов от источника между i -м и j -м приемниками, c – скорость света.

Для оценки местоположения источника излучения в пространстве (без использования уравнения земной поверхности) требуется система, состоящая минимум из четырех синхронизированных приемников излучения. При этом координаты источника излучения находятся из решения системы нелинейных уравнений как точка пересечения поверхностей положения. Решение данной системы может быть сведено к минимизации функционала суммы квадратов ошибок:

$$F(x, y, z) = \sum_{i=2}^N (R_1(x, y, z) - R_i(x, y, z) - c\Delta\tau_{1i})^2 \quad (2)$$

Выбор начального приближения при оптимизации не унимодального функционала (2) может быть основан на предположении, что излучающий объект находится в области видимости всех приемников, зафиксировавших сигнал. В этом случае, начальное приближение выбирается на поверхности Земли, в любой точке пересечения областей видимости приемников. Согласно данному предположению, точка внутри пересечения областей видимости спутников с радиус-вектором \vec{R} может задаваться следующим выражением:

$$\begin{cases} \vec{R} = \frac{\vec{r}_c}{|\vec{r}_c|} R_3; \\ \vec{r}_c = \arg \min_{\vec{r}} \left(\sum_{i=1}^N \left(\frac{\vec{r}_i}{|\vec{r}_i|} R_3 - \vec{r} \right)^2 \right), \end{cases} \quad (3)$$



где \vec{r}_i – радиус векторы спутников, зафиксировавших сигнал, R_s – радиус Земли.

Данное начальное приближение в подавляющем большинстве случаев оказывается достаточно близко к глобальному оптимуму функционала (2), что позволяет быстро и точно определять координаты излучающего объекта.

Традиционным алгоритмом оценки взаимных временных задержек при учёте смещений в спектрах принятых сигналов, вызванных влиянием эффекта Доплера, является метод вычисления и анализа взаимной функции неопределённости сигналов в опорном и исследуемом каналах:

$$A(\Delta\tau, \Delta f) = \int_{-\infty}^{+\infty} s_1(t) \cdot s_2^*(t + \Delta\tau) \exp(-j2\pi\Delta f t) dt \quad (4)$$

Взаимная временная задержка и доплеровский сдвиг оцениваются на основании обобщенного метода максимального правдоподобия как аргументы функции неопределённости, соответствующие её максимуму:

$$(\Delta\tau^*, \Delta f^*) = \arg \max_{\Delta\tau, \Delta f} A(\Delta\tau, \Delta f) \quad (5)$$

В работах [1,2] предлагается вычислительно эффективный алгоритм вычисления функции неопределённости, основанный на разбиении принятых и оцифрованных сигналов на неперекрывающиеся блоки. Отсчёты функции неопределённости могут быть вычислены по формуле:

$$A(n, m) = \sum_{k=0}^{N_1/d-1} p_{k, k-n} \exp\left(-j \frac{2\pi k d m}{N_1}\right), \quad (6)$$

где N_1 – длина сигнала в опорном канале в отсчётах, d – длина блока разбиения. Значения $p_{k, k-n}$ представляют собой диагональные элементы матрицы \hat{P} , вычисляемой перемножением матриц, составленных из сигналов, как показано на рис. 1.

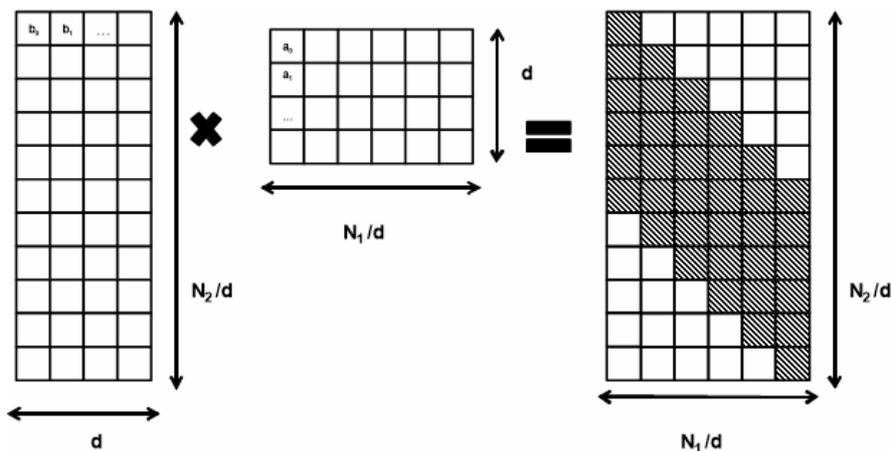


Рис. 1. Перемножение матриц опорного и исследуемого сигналов

Для вычисления функции неопределённости необходимо преобразовать диагонали получившейся матрицы в строки, и затем выполнить преобразование Фурье каждой строки. Все описанные операции могут быть распараллелены и реализованы на графическом процессоре (GPU), что во много раз повышает



вычислительную эффективность и даёт возможность оценивать местоположение источника радиоизлучения в реальном масштабе времени.

Однако если сигнал имеет широкую спектральную полосу и, соответственно, оцифровывается с высокой частотой дискретизации, необходимо записывать и обрабатывать большое число комплексных отсчётов. Соответственно, возрастает число элементов матрицы \hat{P} и число отсчётов функции неопределённости. Так, при частоте дискретизации $f_s = 400$ МГц при оцифровке в течение примерно 10 мс получим $N_1 \approx 2^{22}$. При выборе $d = 2048$ и $N_2 \approx 2^{23}$ для хранения сигналов, матрицы \hat{P} и массива функции неопределённости в глобальной памяти GPU потребуются 192 МБ. Объем памяти возрастает с увеличением частоты дискретизации. Как известно, не все современные GPU обладают таким объемом глобальной памяти, к тому же, операции выделения и копирования больших объёмов памяти очень трудоемкие, что негативно сказывается на производительности.

Для оптимизации работы с памятью необходимо вычислять функцию неопределённости по независимым друг от друга блокам, размер которых соответствует объему памяти данного GPU. Также желательно, чтобы недиагональные элементы матрицы \hat{P} не хранились в памяти и, по возможности, вообще не вычислялись, поскольку полезной информации при определении временной задержки они не несут.

Для реализации модифицированного алгоритма предлагается модифицировать операцию перемножения матриц так, чтобы модифицированная функция не вычисляла недиагональные элементы. Нетрудно заметить, что для вычисления i -го столбца матрицы \hat{P} в диапазоне возможных временных задержек используется подматрица исследуемого сигнала со сдвигом i и i -й столбец матрицы опорного сигнала (рис. 2).

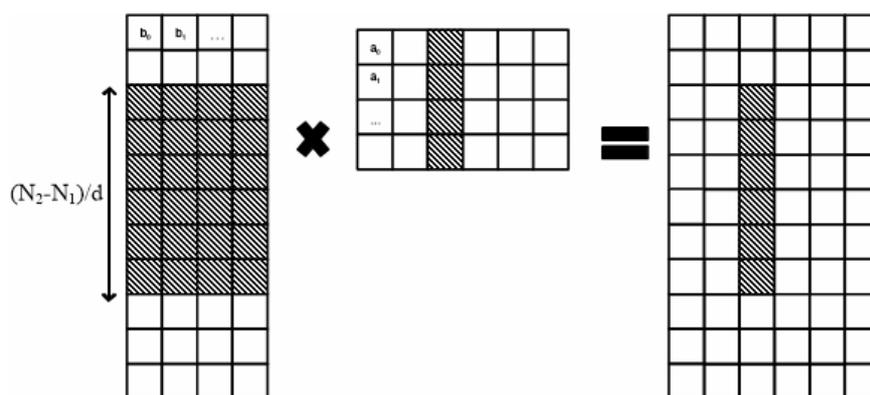


Рис. 2. Вычисление одного столбца матрицы \hat{P}

Математически данная операция выглядит следующим образом:

$$p_{ij} = \sum_{k=0}^{d-1} b_{i+j,k} \cdot a_{ki} = \sum_{k=0}^{d-1} s_1[(i+j)d+k] \cdot s_2^*[kd+j], \quad (7)$$

где p_{ij} - j -й значимый (темный на рис. 2) элемент i -го столбца \hat{P} .



Таким образом, задача сводится к параллельной реализации множества операций вида $\vec{p} = \mathcal{F} \cdot \vec{a}$. По аналогии с параллельной реализацией матричного перемножения, представленной в [3] и [4], можно реализовать ядро CUDA, каждый блок которого будет вычислять несколько элементов вектора \vec{p} . При этом подматрица \mathcal{F} и вектор \vec{a} разбиваются на небольшие фрагменты («тайлы»), которые после чтения из глобальной памяти заносятся в разделяемую память (shared memory) GPU.

Разделяемая память обладает значительно меньшей латентностью по сравнению с глобальной, что позволяет сократить время чтения из памяти и, соответственно, повысить производительность. После вычисления в разделяемой памяти блок вектора \vec{a} сохраняется в глобальной памяти. В результате описанной операции получаем матрицу, содержащую только значимые элементы (темные элементы на рис. 1). Функция неопределённости вычисляется путем выполнения преобразования Фурье каждой строки полученной матрицы.

Описанный модифицированный алгоритм позволяет применить блочную обработку для определения временной задержки сигналов большой размерности. Функция неопределённости вычисляется по блокам в определенном диапазоне временных сдвигов, который эффективно помещается в глобальной памяти GPU. В каждом полученном блоке функции неопределённости находится глобальный максимум, его положение записывается в массив, далее вычисляется следующий блок функции неопределённости и т.д. В полученном в результате вычислений массиве находится глобальный максимум, положение которого и соответствует искомой временной задержке и доплеровскому сдвигу.

Проведенные вычислительные эксперименты показали, что ускорение времени работы предложенного модифицированного алгоритма составляет порядка 10^2 по сравнению с последовательным алгоритмом, использующим эффективные многопоточные функции поэлементного перемножения массивов и быстрого преобразования Фурье библиотеки Intel IPP.

Литература

1. Логинов, А.А., Марычев, Д.С., Морозов, О.А., Фидельман, В.Р. Алгоритм вычисления функции неопределённости в задаче одновременной оценки частотно-временных характеристик сигналов. // Известия вузов. Поволжский регион. Технические науки. №3 (27) . – 2013. – С. 62-73.
2. Ершов, Р.А., Морозов, О.А., Фидельман, В.Р. Вычислительно-эффективный алгоритм оценка временной задержки широкополосных сигналов. // Известия Самарского научного центра РАН. Т.16, №4(2) – 2014. – с. 384-387
3. Боресков, А.В., Харламов, А.А. Основы работы с технологией CUDA. – М.: ДМК-Пресс. – 2008. – 232 с.
4. CUDA C Best Practices Guide. – NVIDIA Corporation. – 2014. – 73 p.



А.Д. Журавлев¹, О.С. Заикин²

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТОВ ДОБРОВОЛЬНЫХ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ ПРИ ПОМОЩИ ВАРЬИРОВАНИЯ КРАЙНЕГО СРОКА ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ*

(¹Интернет-портал VOINC.ru, ²Институт динамики систем и теории управления
им. В.М. Матросова СО РАН)

Мы живем в информационную эпоху, и с каждым днем в мире становятся все больше разнообразных вычислительных систем (ПК, ноутбуки, планшетные компьютеры, смартфоны). На основе этих устройств создается все больше грид-систем, основанных на концепции добровольных распределенных вычислений. Основной принцип этого вида распределенных вычислений состоит в привлечении вычислительных ресурсов частных лиц со всего мира для решения масштабных научных задач. Вычисления организуются в рамках проектов добровольных вычислений, направленных, как правило, на решение задач из некоторой предметной области (астрономия, медицина, криптография и т.д.). Подавляющее большинство проектов основано на платформе VOINC [1], разрабатываемой с 1999 года в Калифорнийском университете в Беркли.

У каждого проекта добровольных вычислений есть отдельный сервер, на котором в рамках конкретного эксперимента генерируются и отправляются на хосты пользователей вычислительные задания (англ. workunit). Под хостом далее понимается вычислительная система (обычно это ПК), которую доброволец подключил к проекту. Результаты вычислений отправляются с хостов на сервер, после чего осуществляется их обработка и анализ. За проведенные вычисления добровольцы получают от проекта кредиты, которые не являются реальной материальной ценностью, но при этом стимулируют соревнования между добровольцами и командами добровольцев в рамках этого проекта.

Хосты пользователей могут работать нестабильно, т.к. не являются специализированным вычислительными устройствами с коррекцией аппаратных и программных ошибок. Поэтому осуществляемые на хостах расчеты могут быть некорректными. Для решения этой проблемы каждое **вычислительное задание** создается в нескольких экземплярах (англ. task), которые рассылаются разным добровольцам. Если результаты некоторого количества экземпляров задания совпадают (это количество называется кворум, обычно он равен 2), то эти результаты принимаются как корректные. Еще одной особенностью добровольных вычислений является то, что после получения экземпляра некоторого задания хост может по каким-либо причинам больше никогда не связаться с сервером проекта. Поэтому для каждого экземпляра задания сервер ожидает возвращения результата определенное заданное время, называемое крайним сроком

*Работа была поддержана РФФИ (гранты № 14-07-00403-а и 15-07-07891-а) и Советом по грантам Президента РФ (грант для поддержки ведущих научных школ НШ-5007.2014.9, стипендия СП-1184.2015.5).



выполнения задания (далее используется термин дедлайн, от англ. deadline). Если результат не был получен за этот срок, сервер отправляет еще один экземпляр данного задания на другой хост другого пользователя. На Рис. 1 представлена схема работа сервера проекта при дедлайне равном 10 дням.



Рис. 1. Схема работы с дедлайном в проектах добровольных вычислений

Значение дедлайна оказывает значительное влияние на эффективность проекта. Маленькое значение дедлайна может привести к тому, что хосты добровольцев не будут успевать обрабатывать все присылаемые экземпляры заданий (хосты, как правило, подключены к нескольким проектам, между которыми ресурсы хоста делятся поровну). Если значение дедлайна велико, то при превышении дедлайна по экземпляру задания, в котором находится решение всего эксперимента, будет произведено большое количество лишних вычислений. Кроме этого, большое значение дедлайна может привести к увеличению срока выдачи кредитов добровольцам за вычисления в проекте. Это связано с тем, что кредиты за обработанный экземпляр задания начисляются хосту только в том случае, если второй экземпляр тоже был обработан, и результаты обработки этих экземпляров совпали. Если по второму экземпляру превышает дедлайн, то, как минимум все это время один из добровольцев недополучит кредиты за это задание. Сказанное означает, что проблема выбора значения дедлайна для проектов добровольных вычислений является актуальной. В настоящей статье исследуется возможность повышения эффективности проектов добровольных вычислений при помощи изменения значения дедлайна. Отметим, что в открытой литературе подобные исследования нами найдены не были.

За объект исследования был выбран проект добровольных вычислений SAT@home [2, 3], разработанный совместно ИДСТУ им. В.М. Матросова СО РАН и ИППИ им. А.А. Харкевича РАН для решения трудных задач, эффективно сводимых к задаче о булевой выполнимости (SAT). В настоящий момент в нем насчитывается около 3.5 тысяч активных хостов добровольцев со всего мира, что обеспечивает среднюю производительность около 10 терафлопс. Проект занимается несколькими комбинаторными задачами, для каждой из которых существует свое приложение с различными версиями.



Нами была рассмотрена конфигурация организации и хранения данных об участниках, хостах, заданиях и экземплярах заданий в проектах, основанных на BOINC. Данная информация храниться на сервере проекта в базе данных (БД) MySQL. Для проведения дальнейшего исследования была снята копия с реальной БД проекта SAT@home. Данная копия был запущена на виртуальной машине, дальнейшие исследования по значению дедлайна проводились именно с ней. Первым шагом стал анализ структуры хранения данных в БД. Были определены таблицы, в которых хранятся данные о заданиях и экземплярах заданий. В частности, анализу подверглись данные о моменте отправки экземпляров заданий и моменте возвращения результатов. Для принятия решения о необходимом значении дедлайна было использовано распределение времени, необходимого для выполнения заданий (далее CPU_Time). В итоге была создана процедура для БД MySQL, выполняющая подсчет распределения и выбора дедлайна по заданному проценту корректных возвращенных задач и занесение полученного значения в таблицу, далее называемую исторической таблицей. Для автоматизации данного процесса был создан набор shell-скриптов, предназначенных для запуска на сервере проектов добровольных вычислений. В таблице № 1 представлено распределение количества возвращенных задач от интервала в днях, полученное на основе БД SAT@home.

Таблица № 1. Распределение количества возвращенных задач по дням в проекте SAT@home

| Интервал в днях | Количество возвращенных задач | Интервал в днях | Количество возвращенных задач | Интервал в днях | Количество возвращенных задач |
|-----------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|
| 0-1 | 121437 | 10-11 | 1286 | 20-21 | 5 |
| 1-2 | 29927 | 11-12 | 204 | 21-22 | 34 |
| 2-3 | 15055 | 12-13 | 55 | 22-23 | 2 |
| 3-4 | 7728 | 13-14 | 92 | 23-24 | 1 |
| 4-5 | 3844 | 14-15 | 74 | 24-25 | 5 |
| 5-6 | 2165 | 15-16 | 13 | 25-26 | 1 |
| 6-7 | 2067 | 16-17 | 10 | 26-27 | 0 |
| 7-8 | 1489 | 17-18 | 15 | 27-28 | 0 |
| 8-9 | 1176 | 18-19 | 20 | 28-29 | 0 |
| 9-10 | 1021 | 19-20 | 23 | 29-30 | 0 |

Аналізу подвергались сразу все данные из таблицы с экземплярами заданий, и этим был обусловлен существенный недостаток – данные были очень сильно усреднёнными (за 30 дней, примерно столько времени хранятся результаты в БД). При этом в процессе эксперимента в проекте SAT@home был момент, когда сложность обработки экземпляра заданий уменьшилась примерно в 2 раза. Следовательно, при неизменных остальных параметрах проекта, время, за которое хост должен был вернуть свое задание, должно было сократиться в 2 раза. Следовательно, и дедлайн должен был сократиться в 2 раза. Для учета таких изменений в длительности обработки экземпляров заданий потребовалось дополнительное решение. В БД проекта SAT@home, как и в БД любого BOINC-проекта в таблице экземпляров заданий содержится время обработки этих экземпляров на хосте в секундах. Это значение необходимо для назначения кредитов. Процедура была переписана в соответствии со следующим алго-



ритмом, на вход которому подается процент экземпляров заданий, обработка которых должна успевать закончиться за искомым дедлайном.

Шаг 1. Анализируем распределение экземпляров заданий.

Шаг 2. Вычисляем значение дедлайна в днях, ориентируясь на требуемое значение процентов.

Шаг 3. Подсчитываем среднее время выполнения 1 экземпляра задания за текущие сутки, сравниваем его

с усредненным значением за предыдущие сутки. Если текущее среднее время больше (меньше) среднего времени за прошлые сутки, то назначаем коэффициент больше (меньше) 1.

Шаг 4. Пересчитываем дедлайн с помощью умножения на соответствующий коэффициент.

Данный алгоритм позволил более динамично вычислять дедлайн. Было принято решение запустить периодический вызов SQL-процедуры, реализующей этот алгоритм, на реальном сервере проекта SAT@home. После интеграции за несколько недель были накоплены первые результаты с реального сервера, по которым стало очевидно, что большинство пользователей успевают выполнить свои задачи значительно быстрее установленных на тот момент 10 дней. Основываясь на полученных данных администратором проекта было принято решение выбирать дедлайн по значению в 98%. По границе в 98% новое значение дедлайна равнялось 8 дням, что на 2 дня меньше, чем действующее на тот момент. Был инициирован опрос пользователей проекта SAT@home с вопросом: «Считаете ли вы корректным сокращение дедлайна с 10 до 8 дней?» Большинство пользователей поддержало инициативу сократить дедлайн до 8 дней, указывая на то, что их хосты обычно возвращают значения значительно раньше. Было установлено новое значение дедлайна, равное 8 дням. В итоге это привело к уменьшению времени ожидания выполнения заданий, т.е. эффективность проекта увеличилась. Кроме того, как было сказано выше, это привело к ускорению начисления кредитов пользователям проекта, что положительно сказалось на его популярности.

В проектах добровольных вычислений периодически появляются новые расчетные приложения, а также новые версии уже имеющихся расчетных приложений. В идеале для каждой версии каждого приложения нужно рассчитывать дедлайн отдельно, но это может привести к большой нагрузке на сервер проекта. Поэтому было принято решение анализировать данные только за последние сутки, как уже делалось с параметром CPU_Time. Была создана версия процедуры, учитывающая данную методику и позволяющую снимать оптимальное значение дедлайна в секундах, а не днях, тем самым увеличивая точность. При этом выполняется всего 2 прохода по таблице для каждой версии каждого приложения. Из-за изменившегося алгоритма пришлось отказаться от анализа CPU_Time. В ходе тестирования были сняты зависимости распределения по значению 97 процентов. На Рис. 2 изображен результат применения данной процедуры.

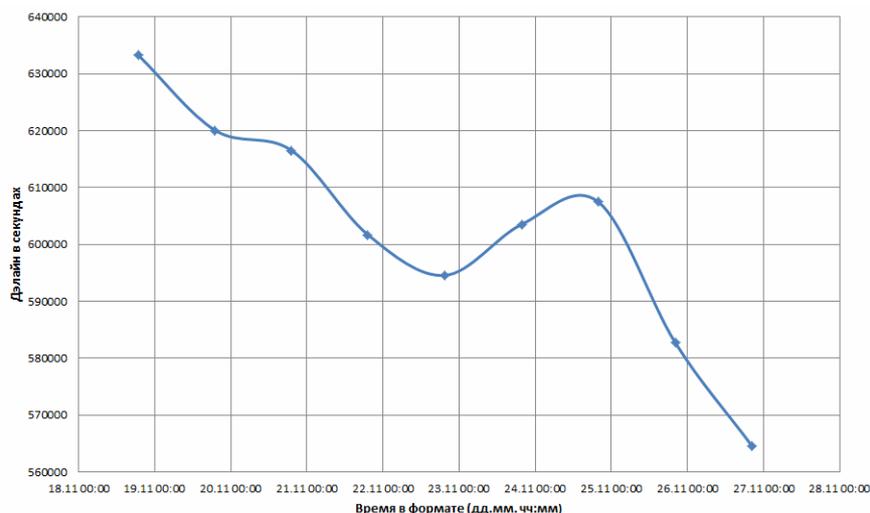


Рис. 2. Дедлайн по распределению с анализом одного дня

По графику видно, что есть всплески, вызванные разными причинами, предположительно это выходные или праздничные дни. Также стало видно еще одну проблему - устанавливаемое значение дедлайна являлось оптимальным на момент запуска процедуры, то есть для уже выполненных заданий, а ведь для получения максимальной эффективности необходимо делать предсказания на сутки вперед. Был использован метод наименьших квадратов, служащий для линейной аппроксимации функций. В экономике полученная данным методом линия называется линией тренда, поэтому для дальнейшего именованя было взято именно данное название. Была написана процедура, использующая данные методы и на их основе делающая предсказания на следующий день. Также в неё был перенесен прежний механизм анализа CPU_Time. В итоге тестирования были получены следующие графики (см. Рис. 3).

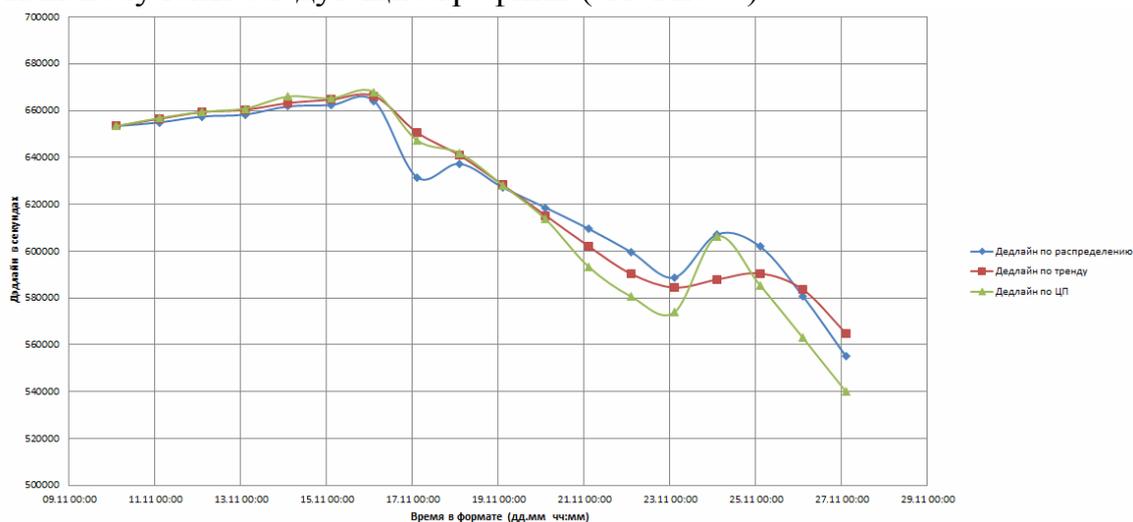


Рис. 3. Графики значения дедлайна в зависимости от метода расчета

В итоге мы произвели сравнение следующих пяти методов определения дедлайна.

- 1) Статический, значение заданное администратором по умолчанию.



- 2) Значение, полученное вследствие анализа распределения, точность в днях, с учетом CPU_Time.
- 3) Значение, полученное по распределению, точность в секундах, без учета CPU_Time.
- 4) Предсказанное значение методом наименьших квадратов, точность в секундах.
- 5) Предсказанное значение методом наименьших квадратов, а также дополнительный анализ CPU_Time, точность в секундах.

Результаты сравнения этих методов приведены в таблице № 2. Мы сравнивали их по отклонению от «идеального» значения дедлайна, посчитанного на фактических данных по распределению (данное значение далее называется «Измеренное значение»).

Таблица №2. Таблица сравнения различных методов установки дедлайна

| Время | Измеренное значение | 1 метод | 2 метод | 3 метод | 4 метод | 5 метод | Разность 1 | Разность 2 | Разность 3 | Разность 4 | Разность 5 |
|------------|---------------------|---------|---------|---------|---------|---------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1416263402 | 637306 | 864000 | 604800 | 631582 | 650751 | 647403 | 226694 | 32506 | 5724 | 13445 | 10097 |
| 1416349802 | 627233 | 864000 | 604800 | 637306 | 640901 | 641799 | 236767 | 22433 | 10073 | 13668 | 14566 |
| 1416436201 | 618599 | 864000 | 604800 | 627233 | 628297 | 628145 | 245401 | 13799 | 8634 | 9698 | 9546 |
| 1416522601 | 609610 | 864000 | 604800 | 618599 | 615245 | 613662 | 254390 | 4810 | 8989 | 5635 | 4052 |
| 1416609001 | 599587 | 864000 | 604800 | 609610 | 602158 | 593408 | 264413 | 5213 | 10023 | 2571 | 6179 |
| 1416695401 | 588762 | 864000 | 604800 | 599587 | 590254 | 580549 | 275238 | 16038 | 10825 | 1492 | 8213 |
| 1416781801 | 607163 | 864000 | 604800 | 588762 | 584451 | 573899 | 256837 | 2363 | 18401 | 22712 | 33264 |
| 1416868201 | 601980 | 864000 | 604800 | 607163 | 587896 | 606270 | 262020 | 2820 | 5183 | 14084 | 4290 |
| 1416954601 | 580728 | 864000 | 604800 | 601980 | 590494 | 585453 | 283272 | 24072 | 21252 | 9766 | 4725 |
| 1417041001 | 555111 | 864000 | 604800 | 580728 | 583590 | 562987 | 308889 | 49689 | 25617 | 28479 | 7876 |
| В итоге | | | | | | | 2613921 | 173743 | 124721 | 121550 | 102808 |

Исходя из данных таблицы № 2 видно, что метод № 5 дает наименьшую погрешность в секундах относительно измеренного значения. Именно этот метод будет в ближайшее время использован в проекте SAT@home, что позволит еще больше увеличить его эффективность.

Литература

1. Ивашко, Е.Е. Использование VOINC-грид в вычислительноемких научных исследованиях / Е.Е. Ивашко, Н.Н. Никитина // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии. – 2013. – Т. 11, № 1. – С. 53-57.
2. Заикин, О.С. Опыт организации добровольных вычислений на примере проектов OPTIMA@home и SAT@home / О.С. Заикин, М.А. Посыпкин, А.А. Семенов, Н.П. Храпов // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2012. – № 5-2. – С. 340-347.
3. Заикин, О.С. Процедуры построения декомпозиционных множеств для распределенного решения SAT-задач в проекте добровольных вычислений SAT@home / О.С. Заикин, А.А. Семенов, М.А. Посыпкин // Управление большими системами. М.: ИПУ РАН. – 2013. – Вып. 43. – С. 138-156.



И.Е. Ландовская, В.Д. Фроловский

АЛГОРИТМЫ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА СБОРКИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ

(Новосибирский государственный технический университет)

Задача визуализации тканей является одной из традиционных задач в компьютерной графике. Она стала особенно актуальной в настоящее время, с развитием киноиндустрии, где компьютер все чаще используется для создания кино- и мультфильмов. Сцены, герои фильма и их одежда моделируются на компьютере, что в частности требует реалистичной визуализации тканей. Не менее важными областями применения данной задачи являются моделирование и визуализация синтетических и натуральных тканей при дизайне интерьеров, в индустрии моды, при создании компьютерных игр.

Моделирование ткани - один из сложнейших аспектов компьютерной графики, поскольку сама ткань является обманчиво простым объектом реального мира, который считается сам собой разумеющимся. В действительности же процесс взаимодействия материала с окружающей средой достаточно сложно описать с помощью математических формул.

Ткань представляет собой пространственную сетку, образованную переплетением в определенной последовательности двух взаимно перпендикулярных систем нитей. Поэтому при моделировании на компьютере тканый материал представляет собой сетку из множества частиц. Для решения уравнений движения этих частиц мы применяем явный метод, а именно схему с перешагиванием. В этом методе на каждом шаге интегрирования вначале вычисляется новое значение скорости, которое затем используется для вычисления значений координат на этом шаге.

Основной недостаток явных методов заключается в том, что для обеспечения устойчивости требуется выбирать достаточно малые значения шага, что приводит к значительному увеличению времени на получение результатов расчетов.

Моделирование взаимодействия каждой из этих частиц с многогранным объектом, который представлен сеткой из большого числа треугольников также является достаточно затратным по времени процессом. Увеличение размерности модели заметно повышает реалистичность результатов, но при этом существенно замедляет процесс моделирования. Сокращение времени расчетов можно добиться, воспользовавшись методом параллельных вычислений, который помогает повысить скорость получения результатов за счет использования вычислительных ресурсов нескольких процессоров одновременно [1].

Первый алгоритм передачи данных между процессами предполагал передачу данных между процессами всей матрицы координат точек детали, число которых составляет порядка нескольких тысяч, что занимало достаточно много



общего времени вычислений и сводило преимущества параллелизма к минимуму.

Для уменьшения временных потерь на передачу данных между процессами был разработан усовершенствованный алгоритм, который позволяет обмениваться процессам только четырьмя строками матрицы, что значительно повышает его эффективность. Этот алгоритм учитывает тот факт, что для вычисления значений координат точки ткани используются значения координат двенадцати ее соседних частиц.

Матрица частиц детали делится на количество, равное количеству процессов в программе. Каждый процесс обрабатывает только свою часть матрицы, а затем происходит обмен данными, в котором процессы обмениваются значениями координат двух крайних строк своей части матрицы, рисунок 1.

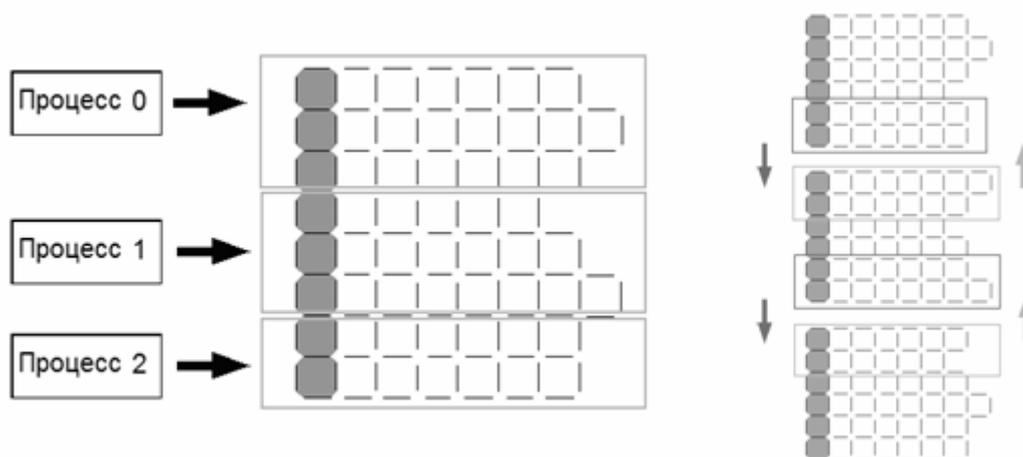


Рис. 1. Разделение данных и обмен между процессами

Численные эксперименты подтвердили эффективность данного подхода к распараллеливанию моделирования ткани. Результаты численных экспериментов представлены в таблице 1.

Моделирование взаимодействия ткани с многогранным объектом, который представлен сеткой из большого числа треугольников, также является достаточно затратным по времени процессом. Увеличение размерности модели заметно повышает реалистичность результатов, но при этом существенно замедляет процесс моделирования.

Для того чтобы воспользоваться параллельным алгоритмом, в каждом процессе создается копия объекта и процесс вычисляет пересечения только своей части матрицы частиц детали с гранями объекта, что позволяет избежать лишнего обмена данными между процессами и резко сократить время вычислений.

Параллелизм программы достигается как на уровне потоков, за счет применения библиотеки OpenMP, так и на уровне процессов, для этого применяется библиотека MPICH2 [2]. В каждом процессе порождается заданное количество потоков, что полностью соответствует SPMD-модели, представленной на рисунке 2. Из рисунка видно, что алгоритм может использоваться как в систе-



мах с общей, так и системах с распределенной памятью, что увеличивает масштабы его использования.

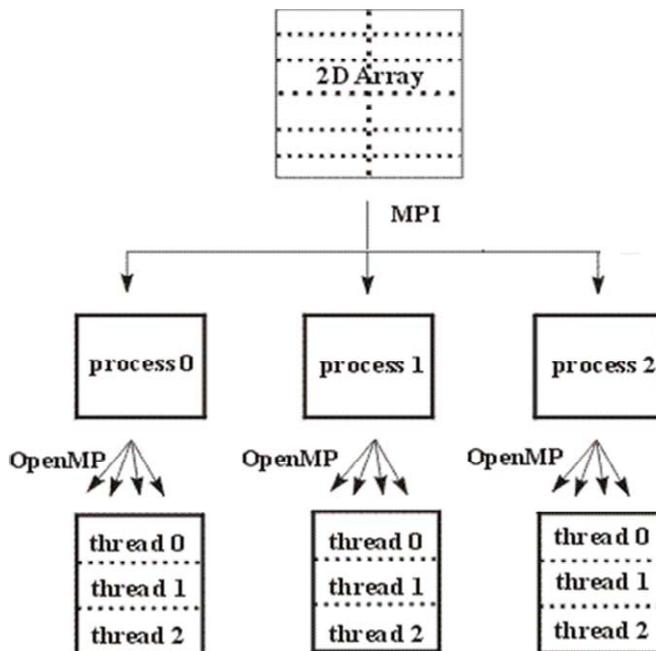


Рис. 2. Модель SPMD - одна программа, несколько потоков данных

Были разработаны программы, реализующие различные алгоритмы параллелизма. Они позволили провести ряд численных экспериментов и проанализировать эффективность каждого из алгоритмов.

В качестве критерия оптимальности выступает время получения результатов моделирования. Этот критерий выбран, так как он является одним из основных для данной задачи.

Алгоритмы тестировались в восьмиядерной многопроцессорной среде с общей памятью, но уникальность алгоритмов позволяет их применение и в многопроцессорных средах с распределенной памятью. Были проведены эксперименты для каждого алгоритма с использованием различных контуров детали и различных типов объектов.

Все проведенные вычисления показывают приблизительно одинаковые коэффициенты уменьшения временных затрат, результаты одного из экспериментов представлены в таблицах 1, 2. Графические результаты моделирования отображены на рисунке 3.

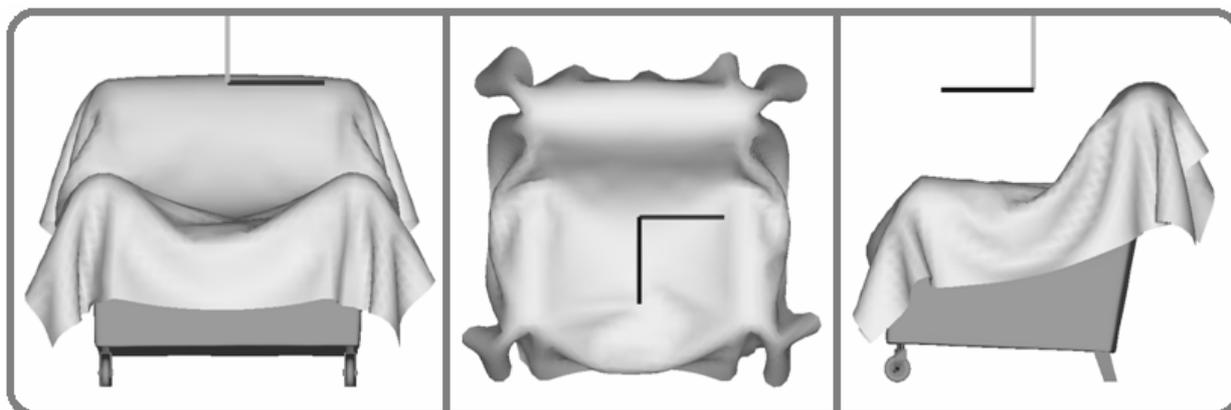


Рис. 3. Результаты моделирования

Таблица 1. Время получения результатов моделирования движения ткани (в секундах)

| | 1 процесс | 2 процесса | 4 процесса | 6 процессов | 8 процессов |
|-----------------------------|-----------|------------|------------|-------------|-------------|
| Обмен всей матрицей | 36,64 | 32,56 | 40,41 | 51,49 | 63,70 |
| Обмен 4-мя строками матрицы | 36,64 | 19,25 | 11,33 | 9,24 | 8,67 |

Таблица 2. Время получения результатов моделирования взаимодействий ткани с твердым объектом

| | | | | | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Количество процессов | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 4 | 4 | 8 |
| Количество потоков | 1 | 2 | 4 | 8 | 1 | 4 | 1 | 2 | 1 |
| Время расчета (сек) | 71,85 | 42,52 | 25,78 | 16,11 | 43,44 | 16,98 | 28,00 | 18,21 | 20,80 |

Исходя из полученных во время экспериментов данных, для программной реализации были выбраны алгоритмы, показавшие наилучшие результаты. Из таблиц видно, что наименьшее время получения результата достигается при запуске алгоритма в системах с общей памятью, так как не расходуется время на передачу данных между процессами. Следовательно, для достижения максимальной эффективности от применения параллельного алгоритма нужно создавать максимальное количество потоков, а количество процессов сводить к минимуму.

Разработанный на основе параллельного алгоритма программный комплекс, позволяет моделировать поведение ткани при падении на поверхность твердого многогранного объекта, и предназначен для исследовательских целей, однако может использоваться и для решения практических задач. Одним из возможных применений комплекса является решение задач моделирования



сборки изделий из ткани в системах автоматизации проектирования легкой промышленности, а также при создании компьютерных игр и анимации.

Литература

1. Корнеев В.Д. Параллельное программирование кластеров : учеб. пособие / В.Д. Корнеев. – Новосибирск: Издательство НГТУ, 2008. – 312 с.
2. Хьюз К., Хьюз Т. Параллельное и распределенное программирование на C++.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 672 с.: ил.

М.С. Мезенцева

ОПТИМАЛЬНОСТЬ РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ПРИМЕРЕ РЕШЕНИЯ СИСТЕМЫ ЛИНЕЙНЫХ УРАВНЕНИЙ МЕТОДОМ ГАУССА

(Самарский государственный архитектурно-строительный университет)

Мы живем в эпоху прогресса, во время, когда наука не стоит на месте, появляются новые изобретения, которые облегчают человеку жизнь. Наблюдается бум построения мощных вычислительных систем. Та или иная страна старается быть первой в научном развитии. Становится все больше машин под названием «суперкомпьютер».[1, с.232] Что же под ним скрывается? Суперкомпьютер - вычислительная машина, значительно превосходящая по своим техническим параметрам большинство существующих компьютеров. Например, суперкомпьютер JUQUEEN имеет 458752 ядер, Stampede-462462 ядер. Поэтому тема распараллеливания, при котором в работе участвуют все ядра компьютера, носит актуальный характер.

В качестве математической модели, на которой были проведены исследования по распараллеливанию, был взят, пожалуй, известный всем метод Гаусса, предназначенный для решения системы линейных уравнений. Он применяется во многих сферах: экономике, математике, информатике. Метод Гаусса был реализован в QT на языке программирования C++.

Программа наряду с расчетом уравнений, осуществляет подсчет времени, в течение которого, происходили вычисления. Так при линейном алгоритме программы и при небольшом количестве уравнений, расчет системы происходит довольно быстро. Например, матрицу из 4 уравнений, программа приводит к ступенчатому виду буквально за 0,1 секунды. С увеличением числа уравнений, увеличивается и время. И уже 1000 уравнений преобразовываются в течение 17 секунд. Эти задержки во времени ощутимы и не совсем приятны. Чтобы не возникло этого явления, к программе применяется распараллеливание.

Распараллеливание проводилось на уровне данных. Одна и та же задача: поочередное вычитание одного уравнения из другого, применялась к множеству элементов данных. Это множество разбивалось на определенное количество порций.



Как только формируется матрица, на экран выводится соответствующее сообщение и в работу вступает параллелизм, при котором каждый поток производит вычисления в рамках своей порции. В результате чего в работе принимают участие столько ядер компьютера, сколько мы указали потоков. По завершению работы программы на экран выводится сообщение об окончании вычислений и время.

Как было сказано выше, вычисление 1000 уравнений заняло 17 секунд. Сформировав 2 порции по 500 уравнений, и задав 2 потока, время работы на 2-х ядерном компьютере уменьшилось до 10 секунд, на 4-х ядерном – до 9. Далее при увеличении потоков и уменьшении порций время вычислений на 2-х ядерном компьютере не уменьшалось, а при 6 потоках стало наоборот увеличиваться. Что же касается испытуемого 4-х ядерного компьютера, то при увеличении до 4-х потоков, время уменьшилось еще на 6 секунд. А далее произошла та же ситуация, что и в случае 2-х ядерного компьютера. Сначала время оставалось неизменным, а на 7 потоке стало увеличиваться. Это связано с тем, что возникает перенасыщенность потоками, они только мешают друг другу в вычислениях. Таким образом, оптимальное количество потоков, при котором вычисления будут осуществляться с максимальной скоростью, равно числу ядер в компьютере.

Мир не стоит на месте. Каким он будет через 10, 20 лет неизвестно. Ясно одно, что в сфере компьютеров будут еще перемены, и, может, возникнет другое решение, при котором в работе будут задействованы все ядра, ну а пока распараллеливание является оптимальным решением при работе с большим количеством данных.

Литература

1. Карпов В.Е. Введение в распараллеливание алгоритмов и программ / В.Е. Карпов // Компьютерные исследования и моделирование. – 2010. - №3. – С.232-240.
2. Сбитнев Ю. Распараллеливание программ [Электронный ресурс]. – [URL] <http://cluster.linux-ekb.info/pp.php>
3. Левин М. Средства автоматизированного распараллеливания программ [Электронный ресурс]. – [URL] <http://www.intuit.ru/studies/courses/1112/232/lecture/6033>



И.И. Набиев, М.М. Минегалиева

ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ ЛОКАЛЬНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ МИКРОСЕКУНДНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ

(Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева-КАИ, Казанский федеральный университет)

Один из важных аспектов качественно нового обслуживания информационных процессов человеческой деятельности, в том числе и задач управления объектами авиакосмической техники, связан с использованием современных глобальных и локальных вычислительных сетей (ЛВС). Данные отношения предъявляют повышенные требования к надежности, своевременности и достоверности передачи информации в ЛВС, без которых невозможно эффективное решение задач управления.

Одним из возможных угроз снижения надежности и производительности ЛВС является непреднамеренные и преднамеренные электромагнитные воздействия. Увеличение интенсивности непреднамеренных электромагнитных полей связано с существенным увеличением количества и мощности электронных, радиотехнических и промышленных источников. Преднамеренные источники появляются в связи с обострением конкурентных экономических отношений. Вне зависимости от типа, электромагнитные воздействия могут приводить к уничтожению, искажению или блокированию информации в результате искажения электрических сигналов, передаваемых по физической среде. На сегодняшний день, несколькими научными школами, возглавляемыми российскими и зарубежными специалистами, проведено значительное количество исследований, подтверждающих, что электромагнитные импульсы, проникающие тем или иным способом в физическую среду передачи данных ЛВС, легко могут воздействовать на обмен данными по сети между конечными пользователями [1, 2]. Причем существующими средствами диагностики факт такого воздействия может не определиться, т.к. сетевое соединение при этом не разрушается.

Целью данной работы является исследование помехоустойчивости локальной сети Fast Ethernet при воздействии микросекундных электромагнитных помех.

При проектировании современных ЛВС к ним предъявляются следующие требования по помехоустойчивости, информационной безопасности, надежности и достоверности передачи данных [3]:

- отказ или отключение питания подключенного устройства должны вызывать только переходную ошибку;

- ЛВС не должна находиться в состоянии неработоспособности более 0.02% от полного времени работы (это составляет около 20 минут простоя в год для учрежденческой системы и около 2 часов для непрерывно функционирующей системы);



- средства обнаружения ошибок должны выявлять все пакеты, содержащие до четырех искажений битов. Если же достоверность передачи достаточно высока, сеть не должна сама исправлять обнаруженные ошибки. Функция анализа, принятия решения и исправления ошибки должны выполняться подключенными устройствами;

- появление пакета с обнаруженной ошибкой не чаще одного раза в год (для сети со скоростью 5 Мбит/с это составит вероятность 10^{-14}). Частота обнаруживаемых ошибок может иметь порядок 10^{-8} ;

- ЛВС должна обнаруживать и индцировать все случаи совпадения сетевых адресов у двух абонентов.

Для проведения исследования электромагнитных помех в линии связи ЛВС предлагаются следующий экспериментальный стенд и методика измерения (рис. 1 и 2). Стенд включает в себя следующее оборудования: генератор микросекундных импульсов ИГМ 4.1 (1); персональные компьютеры (2) с жидкокристаллическим монитором и сетевой картой TP-Link TG 3269; цифровой осциллограф Tektronix TDS 2022B (5); источник бесперебойного питания APC Back-UPS CS 650 (6); кабель ЛВС – неэкранированная витая пара категории 5е длиной 15 м (4).

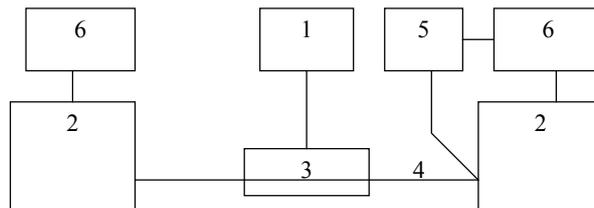


Рис. 1. Схема экспериментального стенда

Для подачи микросекундных электромагнитных помех на кабель ЛВС используются емкостные клещи связи. Временная форма микросекундной электромагнитной помехи представляет собой двойную экспоненту со следующими параметрами (при холостом ходе): длительность фронта – 1,2 мкс; длительность импульса на уровне 50% - 50 мкс; амплитуда напряжения 500В, 1000В ... 4000В.



Рис. 2. Стенд для измерения электромагнитных помех в линии связи ЛВС при воздействии микросекундных импульсов



На рис. 3 приведены примеры результатов измерения информационных сигналов в ЛВС Fast Ethernet и электромагнитных помех в линии связи при воздействии микросекундных электромагнитных импульсов с амплитудой напряжения 1кВ.

Используемый, при экспериментальных исследованиях, генератор помех создает микросекундные импульсы с интервалом не менее 1 минуты. Поэтому экспериментальное выявление снижения параметров функционирования ЛВС является затрудненным. По этой причине предлагается методика прогнозирования помехоустойчивости ЛВС при воздействии микросекундных электромагнитных помех (на примере ЛВС Fast Ethernet). Прогнозирование помехоустойчивости ведется без учета различных временных режимов работы ЛВС.

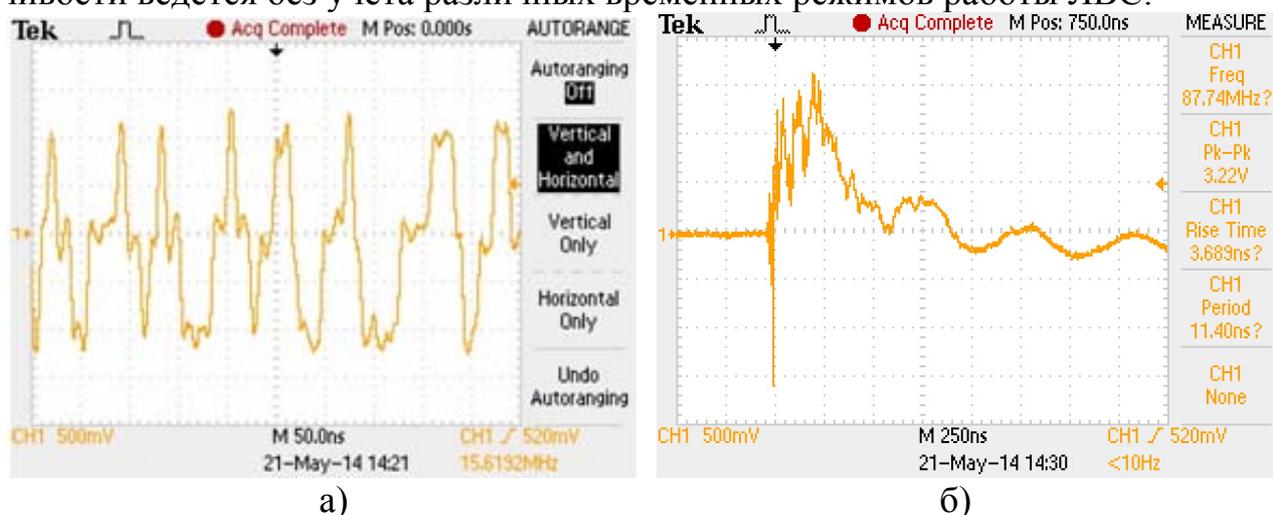


Рис. 3. Осциллограммы информационных сигналов в сети Fast Ethernet (а) и электромагнитных помех в линии связи (б)

Fast Ethernet имеет трехуровневый метод кодирования сигнала (рис. 4а). Считаем, что минимальный уровень помех, который может привести к изменению логического уровня информационного сигнала составляет $\pm 0,5V$ с длительностью порядка 10-20 нс. В рассмотренном в данной работе случае, при микросекундных воздействиях, величина электромагнитных помех составляет более $\pm 0,5V$ при амплитуде напряжения источника 500В, и длительность помех равна 500 нс, на уровне сопоставимым с уровнем информационного сигнала.

Исходные данные: максимальная частота информационных сигналов 100 МГц; длина пакета – минимальная 64 байт, максимальная 1518 байт. Соответственно, длительность пакетов 5,12 и 121,44 мкс. С учетом частоты повторения воздействующих импульсов, электромагнитные помехи вводят ложные сигналы в пакеты данных, которые обнаруживаются проверкой контрольной суммы пакета. Такие пакеты отбрасываются и требуется их повторная передача (рис. 4).

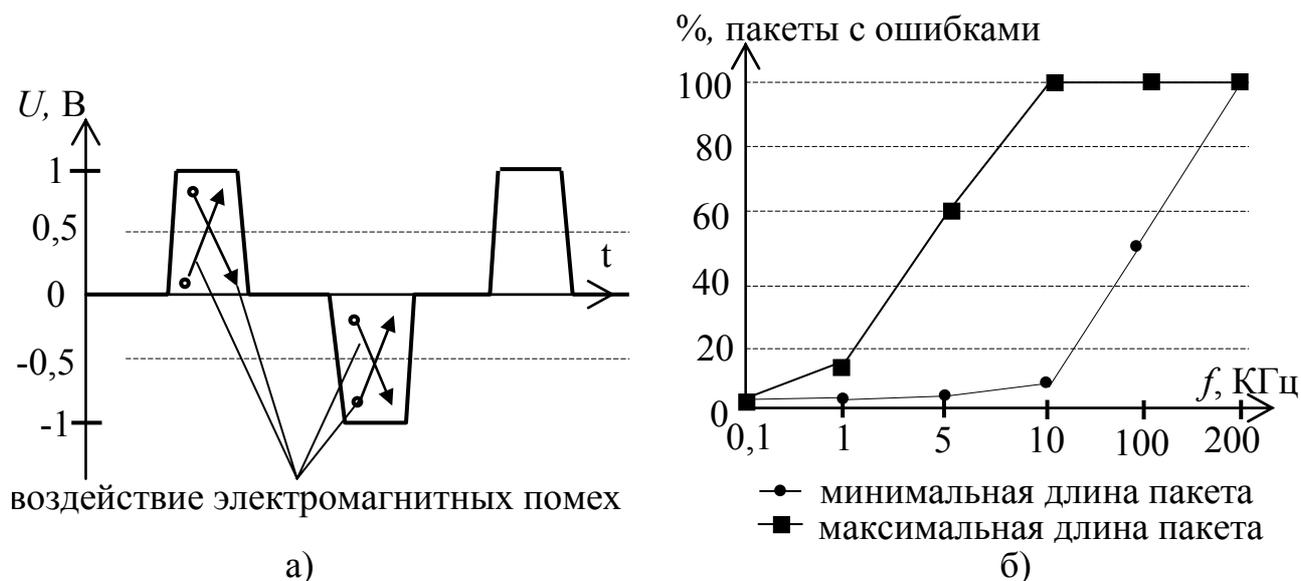


Рис. 4. Информационный сигнал (а) и прогнозирование помехоустойчивости ЛВС Fast Ethernet при воздействии электромагнитных помех (б)

Таким образом, в данной работе представлены результаты измерений параметров электромагнитных помех в кабелях локальных сетей при микросекундных электромагнитных воздействиях и приведены результаты прогнозирования помехоустойчивости локальной сети Fast Ethernet при воздействии микросекундных электромагнитных помех.

Литература

1. Киричек Р.В. Исследование влияния сверхкоротких электромагнитных импульсов на процесс передачи данных в сетях Ethernet: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2011. 20 с.
2. Гизатуллин З.М. Помехоустойчивость средств вычислительной техники внутри зданий при широкополостных электромагнитных воздействиях: Монография. Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2012. 254 с.
3. Гизатуллин З.М. Исследование электромагнитной совместимости локальных вычислительных сетей при наносекундных электромагнитных воздействиях // Радиотехника и электроника. 2014. №5. С. 463-466.

А.Ю. Привалов, А.А. Царёв

ШАБЛОН ПЕРЕДВИЖЕНИЯ УЗЛОВ DTN СЕТИ НА ОСНОВЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЛЕВИ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

MANET — беспроводные децентрализованные самоорганизующиеся сети, состоящие из мобильных устройств. Каждое такое устройство может неза-



висимо передвигаться в любых направлениях, и, как следствие, часто разрывать и устанавливать соединения с соседями. Такие сети обладают рядом преимуществ над беспроводными сетями традиционной архитектуры, а именно возможность передачи данных на большие расстояния без увеличения мощности передатчика, устойчивость к изменениям в инфраструктуре сети, простота и высокая скорость развертывания. Беспроводные сети на базе мобильных устройств обладают важной особенностью: мобильность узлов ведет к дополнительному повышению динамичности топологии сети, поэтому к возможности обрыва связи из-за помех или включения/выключения узла добавляется вероятность его перемещения.

DTN (Delay-Tolerant Networking) – подход к построению архитектур сетей, толерантных к задержкам и частым обрывам связи. Под задержками в DTN в данном контексте понимаются задержки, порождаемые транзитными узлами. Такие сети взаимодействуют как мобильные устройства, полагаясь на ближайшие узлы. В частности, для DTN сетей это принцип «Store-Carry-Forward» («Сохранил-Перенёс-Передал»). Поэтому шаблон передвижений данных узлов сильно влияет на производительность мобильных сетевых протоколов, так от данного шаблона передвижений зависит такая временная характеристика, как *время взаимодействия узлов* (время, которое проходит между двумя последовательными взаимодействиями одного объекта с любым другим). Так как беспроводные устройства часто переносятся людьми, то понимание шаблонов их перемещения приведёт к более реалистичному моделированию сетей и к более точному моделированию протоколов маршрутизации в таких сетях.

Широко используемые модели перемещений в исследованиях сетей это модель случайных перемещений (RWP) или модель случайных блужданий, такие как модель броуновского движения или модель перемещений Маркова (BM). Они достаточно просты для теоретической трактовки и, в то же время, просты для построения масштабируемых имитационных моделей. Однако никаких эмпирических доказательств для доказательства точности таких моделей не существует.

Модель *перемещений Леви* является одной из моделей случайных перемещений, которая описывает такую нетипичную мобильность, которая испытывает супер-диффузию: её среднее квадратичное отклонение пропорционально t^{ν} , когда $\nu > 1$, где t – это время. Природа супер-диффузии перемещений Леви является результатом тяжелого хвоста распределения вероятностей длины перемещений.

Перемещение определяется как самый длинный прямолинейный переход объекта из одного места в другое без изменения направления или паузы. Путь, сложенный из последовательных перемещений, будем называть *трассой*. Интуитивно понятно, что перемещения Леви состоят из множества коротких переходов и появления редких длинных.

Вместо распределения Леви, основанного на обычном распределении Парето, используется усечённое распределение (TLW – Truncated Levy Walk), использующее усечённое распределение Парето для длины передвижений и ин-



тервала времени остановки, с целью моделирования шаблона перемещений на ограниченной области [1] и [2].

В данной модели перемещения предполагается, что некий объект совершает свои прыжки исходя из заданной функции плотности распределения, которая в общем виде задаётся как функция двух переменных (по пространству и по времени):

$$\Phi(\vec{r}, t) = \phi(t|\vec{r})p(\vec{r}), \quad (1)$$

где $p(\vec{r})$ это плотность вероятности того, что будет сделан прыжок на длину вектора \vec{r} в направлении вектора \vec{r} и $\phi(t|\vec{r})$ это условная плотность вероятности того, что прыжок потребуется t времени. Величины \vec{r} и t в (1) определяют скорость прыжка. Когда $p(\vec{r})$ является распределением с тяжёлым хвостом, то процесс (1) представляет перемещения Леви [3].

Как показано в [1] средняя скорость перемещений не постоянна, но растёт так же, как и длина перемещений, потому что длинные перемещения обычно возникают, когда участники используют транспорт. Что отобразить эту тенденцию, модель использует следующую зависимость между длительностью прыжка и его длиной:

$$\Delta t_f = kl^{1-\rho}, \quad 0 \leq \rho \leq 1, \quad (2)$$

где k и ρ некие константы, l – длина перемещения, Δt_f – его длительность.

В начале каждого шага по генерации очередного перемещения объект выбирает направление θ случайным образом из равномерного распределения угла на отрезке $[0, 360]$, длину перемещения l и время паузы Δt_p после перемещения. Они выбираются из соответствующих распределений $p(l)$ и $\psi(\Delta t_p)$, а время прыжка рассчитывается по формуле (2). Само распределение Леви с нормирующим множителем c и экспонентой α в терминах преобразования Фурье имеет вид:

$$f_X(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \exp(-itx - |ct|^\alpha) dt. \quad (3)$$

Для $\alpha = 1$ распределение (3) вырождается в распределение Коши, а при $\alpha = 2$ оно вырождается в распределение Гаусса с параметром $\sigma = \sqrt{2}c$. Асимптотически, для $\alpha < 2$, можно $f(x)$ аппроксимировать функцией. Для модели TLW распределения $p(l)$ и $\psi(\Delta t_p)$ являются распределениями Леви с коэффициентами c_α, α и c_β, β соответственно – это параметры моделирования.

Для моделирования трасс нужно определить эти параметры, которые позволяют сделать искусственные трассы близкими к реальным в статистическом смысле.

Трассы реальных перемещений записываются с помощью GPS датчиков, переносимых участниками эксперимента. Подобные данные доступны в [4]. Будем называть *путевой точкой*, согласно [5], круг радиусом $R=5$ м, в котором



человек проводит более $T=30$ сек. Положение некоторой путевой точки — это положение центра круга. Путевые точки определяются из входных трасс (как реальных, так и смоделированных). В результате такой «агрегирующей» обработки получается последовательный набор путевых точек, с целью более чёткого определения факта смены местоположения одного пользователя. Радиус и порог времени определяются, исходя из типичного поведения пользователей.

После этого определяются *посещённые локации* – прямоугольные кластеры, объединяющие близкие точки. Локации определяются как транзитивное замыкание точек, находящихся друг от друга на расстоянии не более 100 м. Данные локации очерчивают типичные области скопления пользователей.

Из реальных исходных трасс получаются численные оценки распределения вероятностей длин перемещений между точками и времён остановки (пауз) в точках маршрутов. На основе этих распределений выбираются параметры $c_{\alpha, \alpha}$ и $c_{\beta, \beta}$ для распределения по закону Леви (3) как для длин перемещений, так и для пауз соответственно. Параметрами $c_{\alpha, \alpha}$ и $c_{\beta, \beta}$ подбирается близость смоделированных распределений к реальным.

Полученные локации используются в дальнейшем для построения модели перемещений людей, подобной модели в [5], с использованием случайной величины Леви. В ней движение объектов начинается в произвольном кластере и проходит там до тех пор, пока очередное перемещение не выведет объект за пределы локации. После этого выбирается следующая локация случайным образом – самым простым на данный момент способом с целью увеличения скорости моделирования. И далее передвижение продолжается в новой локации.

Для экспериментальных исследований данного шаблона перемещений была реализована модель в имитационной среде моделирования OMNeT++ на базе фреймворка INET [6]. Для этого был реализован генератор псевдослучайных чисел с распределением Леви (3). Результаты моделирования представляют собой искусственно сгенерированные трассы человеческих перемещений, которые потом проходят такой же анализ, как и реальные трассы, для получения численных оценок распределения вероятностей длин перемещений и пауз. В данной работе представлены результаты экспериментов с трассами с территории кампусов университетов KAIST и NCSU [4]. Сравнение функций распределения реальных и смоделированных трасс можно видеть на рисунке 1 в логарифмических осях с графиками вида:

$$\bar{F}(x) = P(X > x) = 1 - F(x) \quad (4)$$

Как видно на рисунке 1, общая форма графиков довольно близка, что говорит об адекватности представленной модели.

Построена модель мобильности отдельных узлов сети – модель TLW с использованием информации о скоплениях людей на реальной местности (в виде посещённых локаций). Данная модель отличается простотой и выигрывает в скорости моделирования у модели из [2]. Далее планируется разработать алгоритм выбора очередной локации с использованием информации об истории передвижения людей, что позволит приблизить имитацию перемещений к реаль-



ной ситуации. На дальнейших этапах научного исследования данная модель будет использоваться для моделирования беспроводных сетей с динамически изменяющейся топологией, с целью проверки эффективности протоколов маршрутизации.

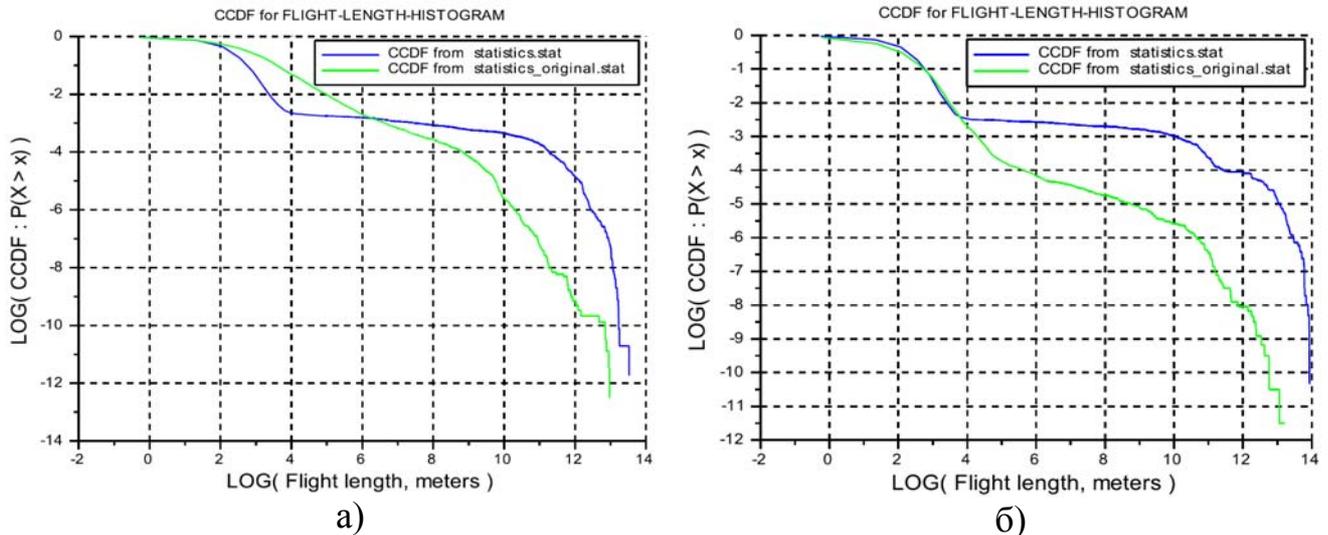


Рис. 1. Функции распределения (4) в логарифмических осях координат для реальных и смоделированных трасс для KAIST (а) и для NCSU (б).

Литература

1. Rhee I., Shin M., Hong S., Lee K., Kim S. J. and Chong S. On the Levy-Walk Nature of Human Mobility. *IEEE/ACM Transactions On Networking*, vol. 19, no. 3, 2011, pp. 630–643.
2. Lee K., Hong S., Kim S. J., Rhee I. and Chong S. SLAW: Self-Similar Least-Action Human Walk. *IEEE/ACM Transactions On Networking*, vol. 20, no. 2, 2012, pp. 515–529.
3. Shlesinger M. F., Zaslavsky G. M. and Klafter J. Levy dynamics of enhanced diffusion: Application to turbulence. *ys. Rev. Lett.*, vol.58, 1987, pp. 1100–1103.
4. Kotz D. Community Resource for Archiving Wireless Data At Dartmouth // Dartmouth College, 2015. URL: <http://www.crowdad.org/index.html> (дата обращения: 13.03.2015).
5. Lee K., Hong S., Kim S. J., Rhee I. and Chong S. Demystifying Levy Walk Patterns in Human Walks. Technical report, CS Dept., NCSU, USA, 2008.
6. Varga A. OMNeT++ // OpenSim Ltd, 2015. URL: <http://www.omnetpp.org/> (дата обращения: 13.03.2015).



Ю.В. Савинкова, С.В. Востокин

ПРИМЕНЕНИЕ ПОТОКОВОГО ПУЛА ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ С СЕМАНТИКОЙ ПЕРЕДАЧИ СООБЩЕНИЙ НА ЯЗЫКЕ C++

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Модель потоков исполнения является самой распространённой моделью реализации параллелизма в библиотеках современных языков программирования, так как её семантика наиболее соответствует современной многоядерной архитектуре процессоров, а методы синхронизации потоков хорошо изучены. Однако использование потоков в программировании является сложным в силу необходимости решения проблемы конкурентного доступа к данным при реализации каждого конкретного алгоритма. Одним из подходов к решению данной проблемы является применение высокоуровневых моделей параллелизма, более близких к предметной области алгоритма по сравнению с исходной многопоточной моделью. В работе исследуется одна из моделей данного класса, основанная на обмене сообщениями между процессами.

Обычно для программирования на C++ выбираются сложные библиотеки с высокоуровневыми моделями параллелизма, например, Intel Threading Building Blocks. Этот выбор, в частности, мотивирован тем, что он гарантирует эффективную кросс-платформенную реализацию алгоритма. Библиотека содержит алгоритмы и структуры данных, позволяющие программисту избежать многих сложностей, возникающих при использовании традиционных реализаций потоков, таких как POSIX Threads, Windows threads или Boost Threads, в которых создаются отдельные потоки исполнения, синхронизируемые и останавливаемые вручную. Библиотека ТБВ абстрагирует доступ к отдельным потокам. Все операции трактуются как «задачи», которые динамически распределяются между ядрами процессора. Кроме того, достигается эффективное использование кэша [1].

Внедрение нового стандарта C++11 со встроенной поддержкой многопоточности позволяет компактно реализовать высокоуровневую модель без использования дополнительных библиотек, подобных Intel Threading Building Blocks. В данной работе рассматривается вопрос эффективности такой реализации на примере реализации поддержки времени выполнения в языке разметки Templet [2] и возможные дополнительные преимущества предлагаемого подхода.

В первой части доклада описаны интерфейсы исходной многопоточной модели и предлагаемой модели сообщений в терминах функций и структур данных языка C++.

Основные операции многопоточной модели выполнения в виде функций API представляются следующим образом:



```
struct thread{void(*tfunc)(thread*);}; //структура
// потока: локальное хранилище и функция потока
struct mutex{}; // мьютекс и функции
void lock(mutex*); // для реализации
void unlock(mutex*); // конкурентного взаимодействия
struct event{}; // событие и функции
void wait(event*,mutex*); // для реализации
void notify(event*); // кооперативного взаимодействия.
```

Основные операции исследуемой модели выполнения языка разметки Templet представляются в виде функций API описываются следующим образом:

```
struct chan{}; // канал – моделирует сообщение
struct proc{void(*recv)(chan*,proc*);}; // процесс,
// обрабатывающий сообщение с функцией обработки
void send(chan*,proc*); // функция отправки сообщения
bool access(chan*,proc*); // функция проверки возможности
// доступа к сообщению из указанного процесса.
```

Далее представлено описание четырёх алгоритмов, основанных на паттерне «поточный пул» [3], реализующих исполнение предлагаемой модели. Первый алгоритм реализует модель на однопроцессорной ЭВМ. Второй – процесс логической отладки на однопроцессорной ЭВМ и моделирует эффект недетерминированного выполнения. Третий – дискретно-событийное моделирование вычислений и позволяет оценить эффективность распараллеливания на последовательной ЭВМ. Четвёртый – выполнение на параллельной ЭВМ с разделяемой памятью. Обсуждаются критерии оценки эффективности для каждого алгоритма.

Тестирование алгоритмов проведено на задаче, имитирующей решение дифференциального уравнения в частных производных методом Гаусса-Зеделя. Построен алгоритм в терминах модели сообщений и выведено аналитическое выражение ускорения в зависимости от параметров теста. Описаны две программы нагрузочного тестирования: с использованием интерфейса к предлагаемой модели передачи сообщений и интерфейса `tbb::graph` библиотеки Intel ТВВ. По результатам тестирования даются рекомендации по практическому применению модели передачи сообщений и реализующих её алгоритмов.

Литература

1. Reinders, James Intel Threading Building Blocks. Outfitting C++ for Multi-core Processor Parallelism [Текст] / James Reinders. – Sebastopol.: O'Reilly Media, 2007.-336 с.
2. Востокин, С.В. Препроцессор языка Templet: инструмент программирования в терминах модели «процесс-сообщение» [Текст] / С.В. Востокин // Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. Науки, 3(36) (2014), 169–182.
3. Schmidt, Douglas C., et al. Pattern-Oriented Software Architecture, Patterns for Concurrent and Networked Objects [Текст] / D.C. Schmidt, M. Stal, H. Rohnert, F. Buschmann. – Vol. 2. John Wiley & Sons, 2013.



РАЗРАБОТКА РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ ПОИСКА ИЗОБРАЖЕНИЙ ПО СОДЕРЖАНИЮ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Исследования в области поиска изображений по содержанию стали актуальными в последние десятилетия, в связи с ростом емкости доступных накопителей данных и широким распространением цифровой фотографии, и, как следствие, ростом числа и объемов коллекций изображений. Поиск по содержанию (Content Based Image Retrieval, CBIR) является приоритетным подходом к решению задачи поиска изображений. Методы поиска по содержанию работают на основе анализа численных характеристик составляющих изображение пикселей и не требуют наличия текстовых аннотаций или другой дополнительной информации об изображении. Это позволяет избежать трудоемкости и субъективности составленных вручную аннотаций, неточности аннотаций, полученных автоматически или полуавтоматически.

От систем поиска изображений по содержанию требуется высокая скорость работы, для обеспечения которой может быть применена модель организации распределенных вычислений MapReduce. Технология MapReduce обеспечивает высокую горизонтальную масштабируемость и отказоустойчивость, также для организации кластера не требуется дорогостоящего оборудования. В данной работе используется программный комплекс Hadoop, разработанный фондом Apache Foundation.

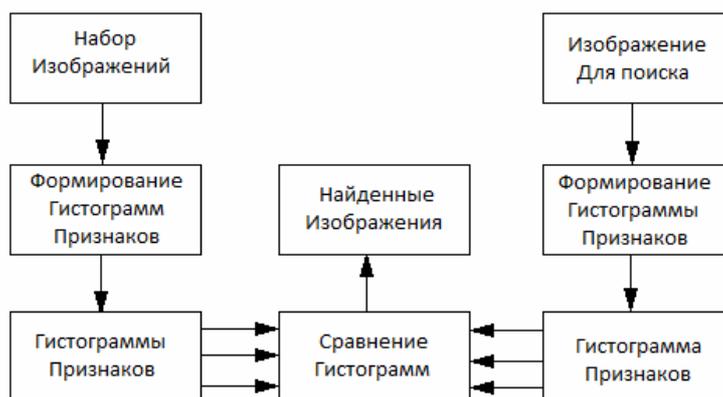


Рис. 1. Схема системы поиска изображений по содержанию

Система для поиска изображений состоит из нескольких частей:

1. Модуль формирования признаков изображений.
2. Модуль расчета дистанций между гистограммами распределения признаков.
3. Поиск наиболее похожих изображений на основе рассчитанных дистанций.

1. Формирование гистограмм признаков

Классическим способом задания зависимости между пикселями изображения заключается в представлении каждого пикселя как отдельного столбца



многомерной гистограммы, описываемого многомерным вектором l , содержащим пространственные координаты столбца и положительным числом w – значением признака для столбца. Такой подход имеет несколько недостатков. Первый состоит в том, что большинство признаков, описывающих содержание изображения, такие как форма и текстура определяются для всего изображения, а не для его пикселей в отдельности. Для отдельного пикселя можно определить его цвет, другие признаки, описывающие содержание изображения определить проблематично. Вторым недостатком подхода один пиксель – один столбец заключается в порождении огромного числа столбцов. К примеру, для изображения размеров 600 на 800 пикселей гистограмма будет содержать 480 000 столбцов.

Вместо разделения изображения на пиксели будем делить изображение на несколько частей и примем каждую часть за столбец гистограммы. Тогда сформированный признак для каждой части изображения будет представлен столбцом многомерной гистограммы, который описывается многомерным вектором l , содержащим пространственные координаты столбца и значением признака для столбца – w . При таком разделении число столбцов будет значительно меньше и его можно регулировать, задавая параметр разделения.

При решении реальных задач, множество изображений среди которых будет осуществляться поиск, может насчитывать сотни тысяч изображений. Таким образом, требуется обеспечить высокую скорость формирования признаков. Этого можно добиться за счет параллельной обработки изображений. В качестве метода параллельной обработки данных применяется подход MapReduce, обеспечивающий высокую горизонтальную масштабируемость и низкие минимальные требования к отдельным узлам кластера.

Для распараллеливания процесса формирования признаков используется метод распараллеливания по данным.

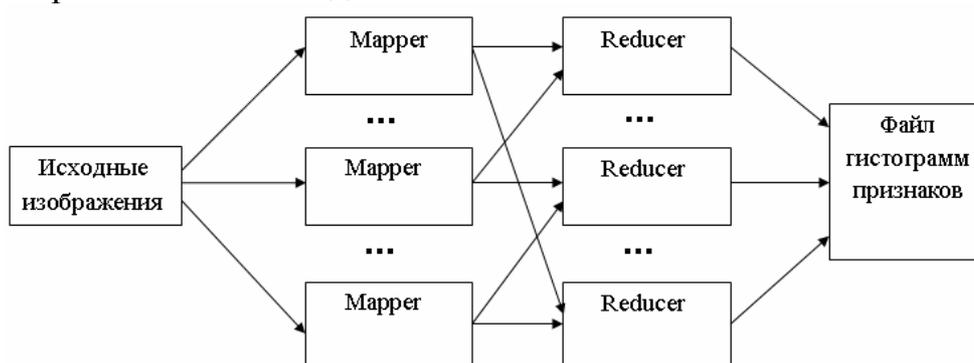


Рис. 2. Схема параллельного формирования признаков

Здесь mapper в качестве ключа использует идентификатор изображения, в качестве значения - данные изображения. Mapper производит процесс формирования признаков. Reducer имеет в качестве ключа имя признака, а в качестве значения - идентификатор изображения и гистограмму. Также он производит запись полученной гистограммы для заданного признака в файл. Таким образом, в результате будем иметь множество файлов, в каждом из которых будут



содержаться гистограммы определенного признака для каждого из исходных изображений.

2. Расчет дистанций между гистограммами признаков

В качестве дистанции между двумя гистограммами используется метрика earth mover's distance. Earth's mover distance – метрика, основанная на минимальной стоимости перехода одной гистограммы в другую. Если представить два распределения, одно как массу земли которую нужно распределить, другое как набор отверстий. Тогда EMD определяет наименьшее количество работы, необходимое для заполнения отверстий землей. Вычисление EMD базируется на решении транспортной задачи линейного программирования, для решения которой существуют эффективные алгоритмы.

Предположим, что несколько поставщиков каждый с заданным количеством товаров должны поставить его нескольким потребителям, каждый с ограниченной пропускной способностью. Для каждой пары поставщик-потребитель задана стоимость транспортировки единицы товара. Тогда транспортную задачу можно сформулировать как поиск наименее дорогого потока товаров отвечающих запросам потребителей.

Сравнение гистограмм легко сводится к транспортной задаче, если обозначить одну гистограмму, как поставщика и другую, как потребителей. Этот процесс можно понимать, как поиск минимальной работы, необходимой для превращения одной гистограммы в другую.

Сформулируем задачу линейного программирования: пусть $P = \{(p_1, w_{p_1}), \dots, (p_m, w_{p_m})\}$ - первая гистограмма из m столбцов, p_i - столбец, w_{p_i} - вес столбца. $Q = \{(q_1, w_{q_1}), \dots, (q_n, w_{q_n})\}$ - вторая гистограмма из n столбцов. $D = [d_{ij}]$ - матрица, где d_{ij} - стоимость перехода единичного значения из столбца p_i в столбец q_j .

Тогда нужно найти поток $F = [f_{ij}]$, где f_{ij} - поток между p_i и q_j , минимизирующий общую стоимость $\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n d_{ij} f_{ij}$, отвечающий ограничениям

$$f_{ij} \geq 0 \quad 1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n$$

$$\sum_{j=1}^n f_{ij} \leq w_{p_i} \quad 1 \leq i \leq m$$

$$\sum_{i=1}^m f_{ij} \leq w_{q_j} \quad 1 \leq j \leq n$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n f_{ij} = \min\left(\sum_{i=1}^m w_{p_i}, \sum_{j=1}^n w_{q_j}\right)$$

Ограничение (1) позволяет передвигаться поставщикам от P к Q и наоборот. Ограничение (2) ограничивает суммарные поставки, которые могут быть посланы в P их весом. Ограничение (3) ограничивает Q от приема количества поставок большего чем их вес. Ограничение (4) определяет максимальное суммарное число возможных поставок – суммарный поток. Решив транспортную



задачу, найдем оптимальный поток F , тогда EMD определена как работа, нормализованная по суммарному потоку:

$$EMD(P, Q) = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n d_{ij} f_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n f_{ij}}$$

Для параллельного вычисления EMD применяется распараллеливание по данным. На вход mapper в качестве ключа принимает одно из изображений исходного множества, в качестве значения – изображение, похожее на которое требуется отыскать. Mapper вычисляет EMD между изображением-ключом и изображением-значением. Reducer в качестве ключа принимает одно из изображений исходного множества, а в качестве значения, вычисленное для ключа EMD. Также reducer производит запись в выходной файл вычисленной дистанции EMD и изображений, для которых она была вычислена.

3. Поиск изображений по содержанию

После формирования признаков и вычисления дистанции между исходными изображениями и изображением для поиска, наиболее схожие изображения находятся путем выбора наименьших дистанций. Для примера, проведем эксперимент с поиском изображений, используя признак gabor filter. Исходный набор насчитывает 500 изображений.

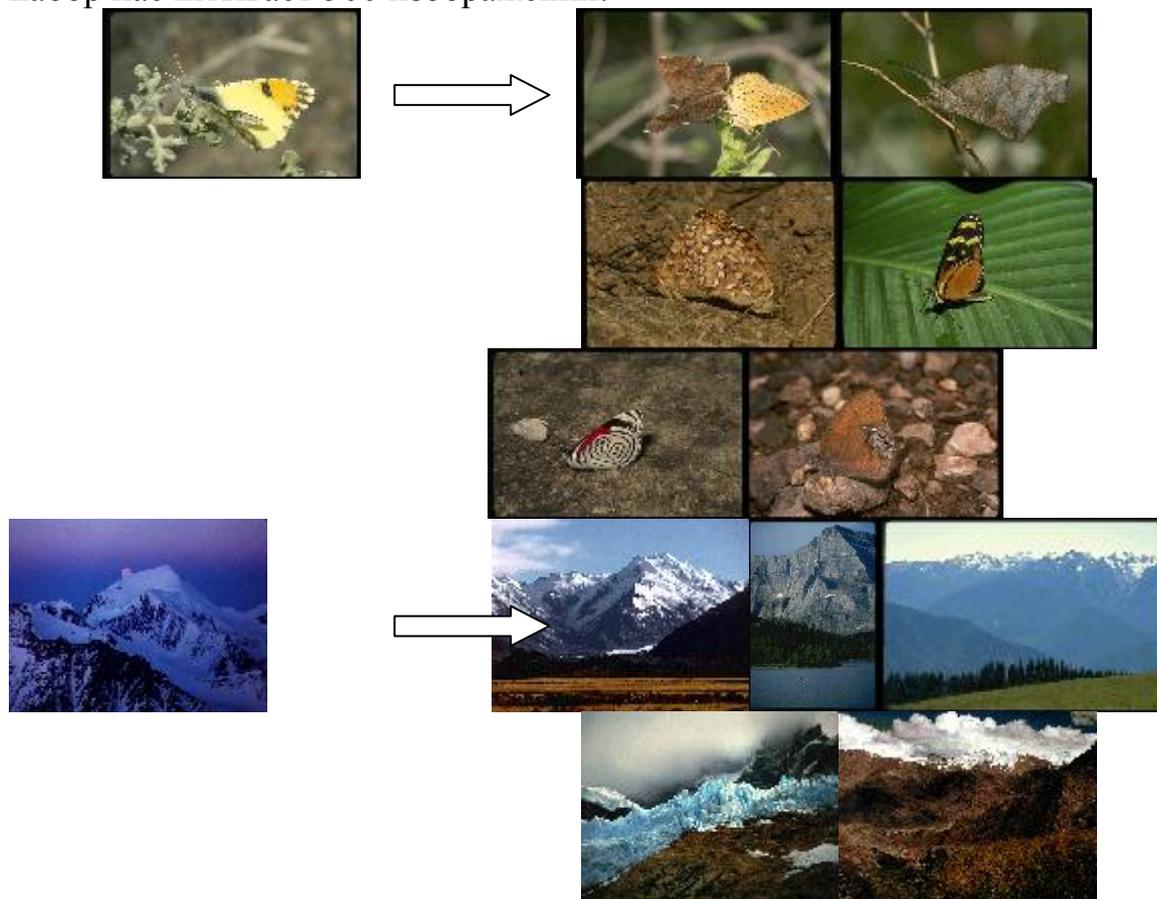


Рис. 3. Пример работы системы поиска изображений



Разработанная программная система нашла наиболее схожие изображения, основываясь на текстурном признаке gabor filter. Для вычисления признака изображения делилось на 8 частей. Такое разделение выбрано для сохранения текстуры в каждой из частей изображения.

В данной работе была описана система для распределенного поиска изображений по содержанию. Программный комплекс дает возможность быстро осуществлять поиск изображений и легко масштабировать вычислительный кластер при возрастающей нагрузке.

Литература

1. Jeffrey Dean, Sanjay Ghemawat. MapReduce: Simplified Data Processing on Large Clusters. — 2004.
2. Dengshen Zhang, Aylwin Wong, Maria Indrawan, and Guojun Lu, Content-based Image Retrieval Using Gabor Texture Features. — 2000.
3. Y. Rubner, C. Tomasi, L. J. Guibas, The earth mover’s distance as a metric for image retrieval. International Journal of Computer Vision, vol. 40, 2000, pp. 99–121.
4. Dengsheng Zhang, Aylwin Wong, Maria Indrawan, Guojun Lu. Content-based Image Retrieval Using Gabor Texture Features. – 2000.

Д.В. Филимонов

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА ОКРЕСТНОСТЕЙ НА ОТЛАДОЧНОМ ОБОРУДОВАНИИ TEXAS INSTRUMENTS CC2520 DEVELOPMENT KIT

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Введение

В настоящее время беспроводные технологии приобретают особую популярность при решении задач распределённого сбора информации и дистанционного управления. Для решения подобных задач используются беспроводные сенсорные сети.

Беспроводные сенсорные сети – это набор автономных устройств для совместного контроля физических и экологических параметров в местах их установки, соединенных между собой беспроводным каналом связи. Уровень доступа к среде и физический уровень передачи данных в среде распространения определены стандартом IEEE 802.15.4. Данный тип сетей характеризуется низким энергопотреблением устройств, высокой масштабируемостью и возможностью самоорганизации [1].

Радиус покрытия устройств сети зависит в первую очередь от чувствительности приемника и мощности передатчика, для увеличения зоны покрытия используются промежуточные узлы (ретрансляторы). Задачей протоколов мар-



шрутизации является выбор промежуточных узлов для доставки сообщений от узла-источника к узлу-назначения.

В работе рассматривается алгоритм расчета маршрута методом окрестностей, приведено описание процедур, необходимых для работы данного метода.

Метод окрестностей

Метод окрестностей позволяет из множества возможных маршрутов между узлом-источником и узлом-назначения выбрать кратчайший, т.е. маршрут с наименьшим количеством переходов. Под окрестностью узла понимается множество всех соседей, расположенных на расстоянии N переходов. Ближайшие соседи организуют окрестность 1-го уровня, соседи, расположенные на расстоянии двух переходов, организуют окрестность 2-го уровня и т.д. Исходными данными для определения маршрута является список всех возможных узлов сети с указанием ближайших соседей.

Алгоритм построения маршрута выполняется на узле-источнике и состоит из следующих шагов:

1. Построение набора окрестностей N ;
2. Поиск окрестности N_j , содержащей конечный узел Y ;
3. Поиск общих узлов X_{j-k} , которые принадлежат окрестности N_{j-k} и являются ближайшими соседями узла $X_{(j-k)+1}$, $k \in [1, j)$.

При тестировании на эмуляторах описанный метод показал высокую эффективность при решении проблемы локального минимума и позволяет обходить пустоты по кратчайшему маршруту [2].

Среда разработки

Реализацию метода окрестностей предполагается выполнять с использованием комплекта устройств CC2520 Development Kit. Оборудование, входящее в данный комплект, может применяться для построения прототипов беспроводных сенсорных сетей. Состав комплекта CC2520 Development Kit показан в таблице 1.

Управление модулем CC2520EM может осуществляться как с помощью компонента CCMSP-EM430F2618, так и напрямую из программного комплекса SmartRF Studio.

Подготовка программы для CCMSP-EM430F2618 выполняется в программной среде IAR Embedded Workbench. Данный комплекс позволяет разрабатывать программный код для микроконтроллеров семейства MSP430 на языке C.

Таблица 1 – Состав комплекта CC2520 Development Kit

| № | Название элемента | Описание | Количество |
|---|-------------------|--|------------|
| 1 | SmartRF 05EB | Электронная плата с набором интерфейсов ввода/вывода | 3 |
| 2 | CCMSP-EM430F2618 | Электронная плата с микроконтроллером MSP430F2618 | 2 |



| | | | |
|---|-------------------------------|---|---|
| 3 | CC2520EM | Оценочный модуль (приём-передатчик на базе микросхемы CC2520) | 3 |
| 4 | Antennas | Антенны | 3 |
| 5 | MSP-FET430UIF debug interface | Программатор | 1 |
| 6 | USB cables | USB кабели | 3 |

Алгоритм работы узлов

При реализации метода окрестностей для CC MSP-EM430F2618 необходимо разработать следующие процедуры:

1. Регистрация и проверка доступности соседних узлов. В результате работы данной процедуры формируется массив данных, состоящий из адресов ближайших соседей. Недоступные в момент проверки узлы исключаются из массива;
2. Запрос информации об узлах сети от ближайших соседей. Целью данной процедуры является формирование массива данных с информацией обо всех участниках сети и их ближайших соседях. Из-за ограниченного объема оперативной памяти узла сенсорной сети важно исключить из массива повторяющиеся данные;
3. Передача сформированных данных об участниках сети при получении запроса от соседнего узла;
4. Формирование множества окрестностей на основе информации об участниках сети и их соседях;
5. Поиск номера окрестности, которая содержит целевой узел. Входными данными для данной процедуры является множество окрестностей и адрес целевого узла;
6. Поиск общих узлов X_{j-k} , которые принадлежат окрестности N_{j-k} и являются ближайшими соседями узла $X_{(j-k)+1}$, $k \in [1, j]$. Целью данной процедуры является формирование отдельных массивов, содержащих адреса промежуточных узлов, для каждого найденного маршрута.

Выводы

Реализация метода окрестностей на комплекте оборудования CC2520 Development Kit позволит перейти к исследованию метода на прототипе сенсорной сети. Появится возможность изучить эффективность и ограничения метода в реальных условиях. Полученные данные могут использоваться при разработке нового протокола маршрутизации в сенсорных сетях.

Литература

1. Соколов, М.А. Программно-аппаратное обеспечение беспроводных сетей на основе технологии ZigBee/802.15.4 // Электронные компоненты. 2004. №12. С. 80-87.
2. Метод окрестностей в сенсорных сетях / А.М., Сухов и [др.] // Телекоммуникации. 2014. № 4. С. 42-48



В.Б. Цеханский, К.Н. Ловцов, Н.С. Сухов

ОБНАРУЖЕНИЕ ЭФФЕКТА ГРАВИТАЦИОННОГО КРАСНОГО СМЕЩЕНИЯ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СРЕДЕ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Одним из важнейших параметров телекоммуникационной среды является скорость передачи информации. Специальная теория относительности постулирует существование предела для скорости распространения электромагнитной волны, являющегося основной физической причиной временных задержек сигнала [1]. Существуют и другие физические ограничения, вносящие вклад в сетевую задержку. Одно из таких ограничений – эффект гравитационного красного смещения, являющийся следствием общей теории относительности. Но этот эффект очень трудно обнаружить ввиду того, что его влияние в земных условиях очень мало.

Так же существует и телекоммуникационная задержка, ее природа связана с тем, что пакеты, поступающие на сетевой уровень, обрабатываются сетевым оборудованием на маршруте следования. Описание задержек на телекоммуникационном уровне осуществляется при помощи теории массового обслуживания. Ее основы изложены в учебнике Клейнрока [2].

Экспериментальные подтверждения постулатов общей теории относительности получить довольно тяжело. Например, классические эксперименты по расчету сдвига перигелия орбиты Меркурия и отклонению светового луча вблизи Солнца требуют точных наблюдений за движениями небесных тел на больших расстояниях от нашей планеты [3]. Хафеле и Китинг проводили эксперимент, доказывающий разность хода времени в часах, находящихся на борту самолета и на земле [4]. Паунд и Ребке провели эксперименты, подтверждающие наличие гравитационного красного смещения спектральных линий в земных условиях [5]. Использование современных телекоммуникационных технологий позволяет провести экспериментальную проверку с большей точностью. Результаты подобных исследований также смогут содействовать развитию технологий при проектировании телекоммуникационных сетей, возможностью сократить задержки сигнала, к которым приводит данный эффект.

Теоретические предпосылки

Эффект гравитационного красного смещения проявляется в изменении частоты фотона с изменением внешнего гравитационного потенциала. Вследствие того, что показатель преломления является функцией от длины волны, изменяется скорость распространения электромагнитной волны при движении ее в изменяющемся гравитационном поле [6]. Рассчитаем разницу временной задержки при следующих положениях оптоволоконного кабеля длиной L (Рис. 1): а) Кабель находится в горизонтальном положении, т.е. на всем его протяжении величина гравитационного потенциала будет постоянной.



б) Кабель находится в наклонном положении относительно поверхности земли.



Рис. 1. Расположение оптоволоконного кабеля

Временная задержка доставки пакетов в первом случае (Рис 1.а), составит:

$$T_1 = \int_0^L \frac{n_1 dl}{c} = \frac{n_1 L}{c} \quad (1)$$

где n_1 - показатель преломления на уровне горизонтального кабеля.

В силу эффекта гравитационного красного смещения, при изменении высоты изменяется показатель преломления с величины n_1 до n_2 . Время доставки составит T_2 :

$$T_2 = \int_0^L \left(\frac{1}{c(n_1)} + \alpha l \right) dl = T_1 + \frac{(n_2 - n_1)L}{2c}, \quad (2)$$

где $\alpha = \frac{n_2 - n_1}{L}$ в случае равномерного подъема оптоволоконного кабеля.

Оценим значение $\Delta T = T_2 - T_1$, используя постоянную z_G гравитационного красного смещения

$$z_G = \frac{gh}{c^2} \quad (3)$$

где R - радиус Земли, g - ускорение свободного падения у поверхности земли.

Используя величину дисперсии $\frac{\partial n}{\partial \lambda}$, получим ΔT :

$$\Delta T = \frac{kz_G L}{2c}, \quad (4)$$

где $k = \frac{\partial n}{\partial \lambda} \lambda$. Если в качестве среды взять стекло, то $k \approx 0.05$ [7].

Оценим значение ΔT . Высоту подъема кабеля примем равной 2 км, а длину оптоволоконного кабеля 50 км

$$\Delta T \approx 8.2^* \quad (5)$$

На данном этапе уровень развития глобального позиционирования GPS/Glonass позволяет измерить ΔT только с точностью до десятка микросекунд () [8]. Чтобы обнаружить и численно измерить действие эффекта, необходимо спланировать специальный эксперимент.



Схема эксперимента

Расчеты (5) показывают, что схема расположения оптоволоконного кабеля, показанная на Рис. 1, не позволит обнаружить действие эффекта гравитационного красного смещения.

Для его обнаружения необходимо продумать схему эксперимента таким образом, чтобы повысить порог обнаружения эффекта. Из уравнения (4) видно, что этого можно добиться увеличением величин h и L . Но в силу ограничения, обусловленного затуханием сигнала при прохождении его по оптоволоконному кабелю, его длина без промежуточных усилителей не может превышать 50 км [9]. Также при планировании реального эксперимента без возникновения дополнительных трудностей, высоту подъема линии связи не стоит делать более, чем на 2 км.

Учитывая данные ограничения, наиболее оптимальным вариантом будет выбор кольцевой структуры линии связи. Для обнаружения эффекта гравитационного красного смещения необходимо выбрать профиль таким образом, чтобы разница в прохождении сигнала была обусловлена разной длиной кабеля, при одинаковой высоте подъема. Схема расположения может выглядеть следующим образом:

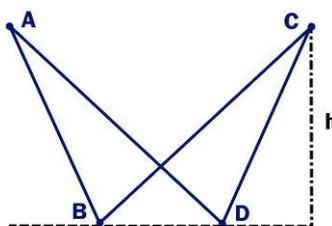


Рис. 2. Схема кольцевой структуры линии связи
(размеры $AD = BC = L_2$, $AB = CD = L_1$)

При использовании данной схемы, рассчитаем временную задержку за один кольцевой проход при одновременном запуске двух пакетов в противоположных направлениях (один по маршруту ABCDA, другой BADCBA), согласно формуле (4).

Суммарная разница во времени прохождения для одного кольцевого прохода будет равна:

$$\Delta T = \frac{2kgh[(L)_2 - L_1]}{c^3} \quad (6)$$

При каждом дополнительном проходе, расстояние между пакетами будет увеличиваться. Следует отметить, что применение флуоресцентных методов обнаружения точки встречи позволяет обнаружить отклонение порядка $d = 10$ м. Посчитаем число проходов N , необходимых для выполнения данного условия:

$$d = \frac{Nc\Delta T}{n_1} \quad (7)$$

Отсюда при использовании условия (6), получим число проходов равное:



$$N = \frac{\ln_1 c^2}{2kg\kappa(L_2 - L_1)} \quad (8)$$

При условии, что разница $L_2 - L_1$ принята в 15 км, $k = 0.05$, $n_1 = 1.5$.

На проведение эксперимента потребуется время равное:

$$T = \frac{cn_1^2 d(L_2 + L_1)}{kg\kappa(L_2 - L_1)} \approx 158 \text{ суток} \quad (9)$$

Где сумма $L_2 + L_1$ принята равной 30 км. Расчеты были проведены без учета задержек, являющихся следствием телекоммуникационной составляющей, связанных с обслуживанием пакетов и теорией массового обслуживания.

При планировании реально эксперимента нужно сосредоточиться на поиске кабелей с высоким дисперсионным соотношением и низким затуханием, а также необходимо совершенствовать методику обнаружения точки встречи сигналов, идущих в разных направлениях. Это позволит значительно сократить время проведения экспериментов.

Литература

1. Carbone L. et al. The spectrum of internet performance //Passive and Active Measurements (PAM2003). – 2003.
2. Kleinrock L. Queueing systems, volume 1: theory. – 1975.
3. Брагинский В. Б., Руденко В. Н. Релятивистские гравитационные эксперименты //Успехи физических наук. – 1970. – Т. 100. – №. 3. – С. 395-424.
4. Guinot V. Time scales in the context of general relativity //Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. – 2011. – Т. 369. – №. 1953. – С. 4131-4142.
5. Паунд Г. В. 1960 г. Декабрь Т. LXXII, вып. УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК. – 1960.
6. Окунь Л. Б., Селиванов К. Г., Телегди В. Гравитация, фотоны, часы //Успехи физических наук. – 1999. – Т. 169. – №. 10. – С. 1141-1147.
7. Сивухин Д. В. Общий курс физики. Т. 4 Оптика. – 1979. – С. 330-340.
8. Топкачев Г., Фарбер В. Е. Определение затухания радиоволн в атмосфере мощными РЛС миллиметрового диапазона.
9. Савиных В. П., Цветков В. Я. Геоинформационный анализ данных дистанционного зондирования. – 2001.



ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ТРАНСПОРТЕ

В.Г. Волик, В.Б. Гуменников, Н.С. Шорохов

ИЗМЕРЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ РЕЛЬСОВОЙ ЛИНИИ

(Самарский государственный университет путей сообщения)

Для функционирования систем управления движения поездов необходима оперативная информация о величине первичных и вторичных параметров рельсовой линии, которая может быть получена на основе измерения и математической обработки комплексной амплитуды сигнального тока в двух сечениях двухпроводной электрической линии (рисунок 1), пространственно разнесенных на расстояние l . Информация о полном удельном сопротивлении продольной цепи позволяет оценить состояние рельсов и соединительных стыков, а измерение проводимости изоляции позволяет своевременно осуществлять регулировку путевых приемников, управляющих работой светофоров, и принимать решение о проведении других ремонтно-восстановительных работ [1,2].

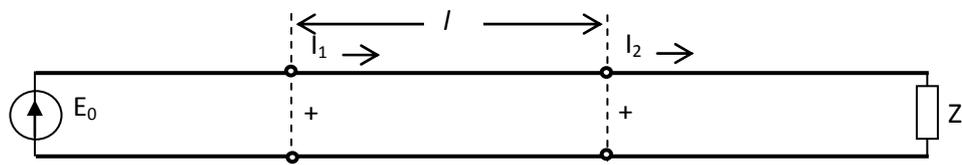


Рис. 1. Расположение сечений измерения комплексных амплитуд напряжения и тока

Задающий генератор гармонического напряжения или тока должен находиться за пределами участка, ограниченного указанными сечениями.

Вторичные параметры рельсовой линии - волновое сопротивление Z_V и коэффициент распространения γ являются комплексными величинами. Они связаны с первичными параметрами Z_0 и Y_0 следующими соотношениями:

$$Z_v = \sqrt{\frac{Z_0}{Y_0}} \quad (1)$$

$$\gamma = \sqrt{Z_0 Y_0} \quad (2)$$

где $Z_0 = R_0 + j\omega L_0$ - полное удельное сопротивление рельсовой петли;

$Y_0 = G_0 + j\omega C_0$ - полная удельная проводимость изоляции;

$\omega = 2\pi \cdot f$; ω, f - угловая и циклическая частота переменного тока.

Комплексные токи и напряжения в двух сечениях рельсовой линии U_1, I_1, U_2, I_2 связаны между собой векторно-матричным уравнением передачи [3]:



$$\begin{bmatrix} U_1 \\ I_1 \end{bmatrix} = A \cdot \begin{bmatrix} U_2 \\ I_2 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Матрица A – параметров эквивалентного четырехполюсника рельсовой линии однородного участка пути длиной l имеет вид:

$$A := \begin{bmatrix} ch(\gamma \cdot l) & Z_v \cdot sh(\gamma \cdot l) \\ (Z_v)^{-1} \cdot sh(\gamma \cdot l) & ch(\gamma \cdot l) \end{bmatrix} \quad (4)$$

Используя соотношения (3) – (4) и тождество $ch2(\gamma \cdot l) - sh2(\gamma \cdot l) = 1$, составим систему нелинейных алгебраических уравнений:

$$\left. \begin{aligned} U_2 x_2 + I_2 x_1 x_3 &= U_1 \\ \frac{U_2 x_3}{x_1} + I_2 x_2 &= I_1 \\ x_2 x_2 - x_3 x_3 &= 1 \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

относительно переменных $x_1 = Z_v$, $x_2 = ch(\gamma \cdot l)$, $x_3 = sh(\gamma \cdot l)$, причем комплексные величины U_1, I_1, U_2, I_2 в этих уравнениях выступают в качестве коэффициентов. Система уравнений (5) имеет аналитическое решение, и выражения для корней имеют вид:

$$Z_v = \sqrt{\frac{U_1^2 - U_2^2}{I_1^2 - I_2^2}} \quad (6)$$

$$ch(\gamma \cdot l) = \frac{U_1 I_1 + U_2 I_2}{U_1 I_2 + U_2 I_1} \quad (7)$$

$$sh(\gamma \cdot l) = \frac{\sqrt{(U_1^2 - U_2^2)(I_1^2 - I_2^2)}}{U_1 I_2 + U_2 I_1} \quad (8)$$

Формула (6) позволяет найти волновое сопротивление Z_v рельсовой линии между измерительными сечениями, причем независимо от длины участка l . Коэффициент распространения γ можно определить из соотношений (7) или (8).

Для расчета полного сопротивления рельсовой петли и проводимости изоляции из соотношений (1), (2), (6) и (8) получим следующие формулы:

$$Z_0 = \frac{1}{l} \cdot \operatorname{arcsch} \frac{\sqrt{(U_1^2 - U_2^2)(I_1^2 - I_2^2)}}{U_1 I_2 + U_2 I_1} \cdot \sqrt{\frac{U_1^2 - U_2^2}{I_1^2 - I_2^2}} \quad (9)$$

$$Y_0 = \frac{1}{l} \cdot \operatorname{arcsch} \frac{\sqrt{(U_1^2 - U_2^2)(I_1^2 - I_2^2)}}{U_1 I_2 + U_2 I_1} \cdot \sqrt{\frac{I_1^2 - I_2^2}{U_1^2 - U_2^2}} \quad (10)$$

В рельсовых цепях с частотой сигнального тока 50 Гц величина фазового сдвига $|\beta \cdot l|$ не превосходит 180° , поэтому при вычислении обратных гиперболических функций можно ограничиться главным значением. Если выполняется условие $|\gamma \cdot l| < 0.3$, формулы (9) – (10) могут быть упрощены путем разложения и использования только первого члена разложения арка-синуса в степенной ряд [4]:



$$Z_0 = \frac{1}{l} \cdot \frac{U_1^2 - U_2^2}{U_1 I_2 + U_2 I_1} \quad (11)$$

$$Y_0 = \frac{1}{l} \cdot \frac{I_1^2 - I_2^2}{U_1 I_2 + U_2 I_1} \quad (12)$$

Методическая относительная погрешность формул (11)-(12) при выполнении указанного условия не превосходит 0,5%. Вычисление арка-синуса $arsh(z)$ в интервале $0 \leq |z| \leq 1$ с абсолютной погрешностью не более 0,002 может быть осуществлено путем разложения в степенной ряд вида:

$$arsh(z) \cong R(z) = z \cdot \left(1 + \frac{z^2}{2} \cdot \left(\frac{z^2}{10} - \frac{1}{3} \right) \right) \quad (13)$$

Для вычисления этой функции в интервале $0,3 \leq |z| \leq 3$ с абсолютной погрешностью не более 0,005 целесообразно воспользоваться ее разложением в ряд Тейлора с базовым значением аргумента $z = 1$:

$$arsh(z) \cong T(z) = \ln(1 + \sqrt{2}) + \frac{z-1}{\sqrt{2}} \cdot \left(1 - \frac{z-1}{4} \cdot \left(1 - \frac{z-1}{6} \right) \right) \quad (14)$$

На рисунке 2 показаны графики абсолютной погрешности аппроксимации арка-синуса с помощью соотношений (13) и (14).

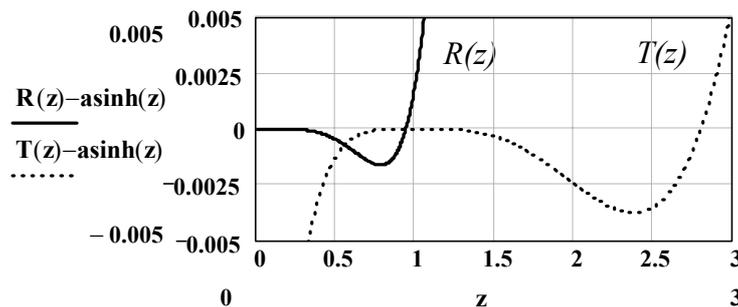


Рис. 2. Абсолютная погрешность аппроксимации функции $arsh(z)$

Удельные первичные параметры продольной R_0 , L_0 и поперечной G_0 , C_0 цепей рельсовой линии находятся путем выделения вещественных и мнимых частей из найденных значений Z_0 и Y_0 :

$$R_0 = \text{Re}(Z_0), \quad L_0 = \text{Im}(Z_0)/\omega, \quad G_0 = \text{Re}(Y_0), \quad C_0 = \text{Im}(Y_0)/\omega.$$

Если величина Z_0 для выбранной частоты f является известной константой, то для расчета проводимости изоляции удобно воспользоваться формулой (15), которая следует из соотношений (1) и (6).

$$Y_0 = Z_0 \cdot \frac{I_1^2 - I_2^2}{U_1^2 - U_2^2} \quad (15)$$

Полиномиальная аппроксимация экспериментальных данных зависимости полного удельного сопротивления рельсовой петли $Z_0(f) = |Z_0(f)| \cdot \exp(j \cdot \Psi(f))$ от частоты в диапазоне от 12,5 до 525 Гц для рельсов типа Р65 дала следующие соотношения:

$$|Z_0(f)| = 0.1111 + 0.0099 \cdot f - 4.5238 \cdot 10^{-6} \cdot f^2 + 4.0776 \cdot 10^{-9} \cdot f^3 \quad (\text{Ом/км})$$

$$\Psi(f) = 51.33 + 0.2298 \cdot f - 6.6869 \cdot 10^{-4} \cdot f^2 + 6.3883 \cdot 10^{-7} \cdot f^3 \quad (\text{град./км}).$$



При большом значении ослабления сигнала в линии или при согласованной нагрузке формулу (15) можно упростить, и она примет вид (16):

$$Y_0 = Z_0 \cdot \frac{I_1^2}{U_1^2} \quad (16)$$

На основе рассмотренных соотношений возможно построение измерителей первичных параметров рельсовой линии, позволяющих локализовать участки с отклонениями этих параметров от нормативных значений, а также адаптивных микропроцессорных средств железнодорожной автоматики как составных частей автоматической блокировки, отвечающих современным требованиям по надежности и метрологии.

Литература

1. Рельсовые цепи. Анализ работы и техническое обслуживание / . Аркатов В.С., Кравцов Ю.А., Степенский Б.М. . - М.: Транспорт, 1990. - 295 с.
2. Марквардт К.Г. Электроснабжение электрифицированных железных дорог / К.Г.Марквардт.- М: Транспорт, 1982. - 528 с.
- 3 Волик В.Г., Тарасов Е.М. Определение первичных параметров рельсовой линии по величине сигнального тока // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Специальный выпуск «Транспортно-технологические системы». 2005. С.169-173.
4. Волик В.Г., Гуменников В.Б. Определение сопротивления изоляции рельсовой линии по замене комплексных амплитуд тока и напряжения // Материалы II Международной научно-практической конференции «Наука и образование транспорту». – 2010. – С. 70-73.

О.К. Головнин

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МУЛЬТИКОЛЛИНЕАРНЫХ АТТРИБУТОВ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ НА ТРАНСПОРТНЫЙ ПОТОК

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Усовершенствование транспортной инфраструктуры (ТрИ) невозможно без применения эффективных методов оценки проектов развития улично-дорожной сети (УДС). Необходимо иметь возможность на начальной стадии проектирования оперативно и достоверно оценить влияние изменений на УДС в целом [2,7]. Выбор рациональных вариантов развития ТрИ требует разработки и применения моделей транспортного потока (ТП), адаптированных к реальным условиям.

По функциональному назначению модели ТП, применяемые для анализа ТрИ, можно разделить на три класса [7]:

- прогнозные, предназначенные для оценки изменений в размещении объектов транспортного спроса;



- имитационные, предназначенные для анализа ТП во времени (модели динамики ТП);
- оптимизационные, предназначенные для усовершенствования маршрутов перевозок, светофорных циклов, конфигурации УДС.

Актуальной задачей является разработка систем автоматизированного управления ТрИ в режиме реального времени. К такому классу систем относятся интеллектуальные транспортные системы (ИТС). ИТС, как наиболее совершенные и современные средства управления движением используют информацию с датчиков в сочетании с динамическим имитационным моделированием и базой данных объектов ТрИ [8], обеспечивают различные человеческие и человеко-машинные взаимодействия. Важно выделить наиболее совершенные динамические имитационные модели, обладающие возможностью интеграции с ИТС, позволяющие учитывать управляющие воздействия технических средств организации дорожного движения (ТСОДД) на ТП [1]. Применение моделей динамики ТП в ИТС позволит организовать эффективное управление ТП, оценить изменение скорости, плотности, интенсивности ТП, рассчитать транспортные задержки, выявить образование очередей, заторов. Сложность управляющих воздействий ТСОДД, недетерминированность их воздействия на ТП, определяют необходимость создания модели динамики ТП, ориентируясь на параметры объектов ТрИ – атрибуты.

С целью разработки динамической модели ТП, подходящей для использования в разрабатываемой ИТС, в соответствии с принципами атрибутно-ориентированного проектирования (рис. 1) проведена атрибутно-ориентированная декомпозиция модели ТП (рис. 2). В модели выделены атрибутные составляющие и основные макрохарактеристики ТП. На рисунке 2 объект воздействия представляет собой участника дорожного движения – транспортное средство или пешехода. Приоритет дорожного знака описывает очередность проезда перекрестка – первостепенный, второстепенный или не указывается. Атрибутно-ориентированная декомпозиция, помимо анализа самих атрибутов, требует анализа ограничений на атрибуты, что будет выполнено в дальнейших работах.

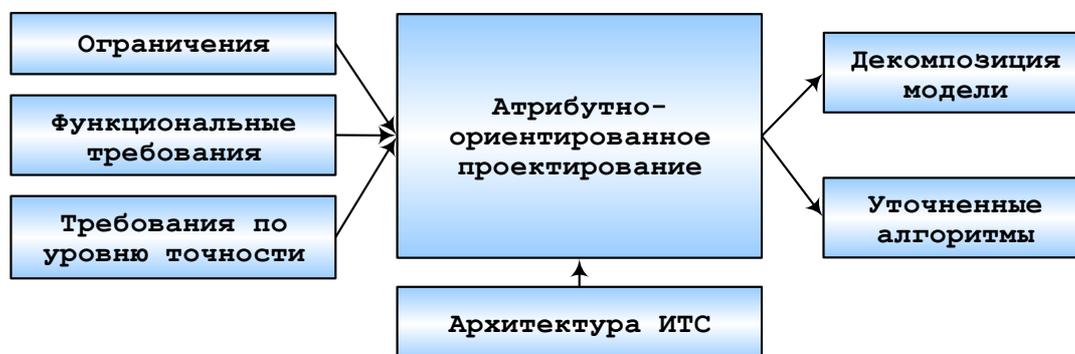


Рис. 1. Схема применения атрибутно-ориентированного проектирования

Для уменьшения размерности анализируемой модели ТП, удаления нерелевантных атрибутов, решения проблемы мультиколлинеарности применяется метод выбора признаков [3]. Под мультиколлинеарностью понимается наличие



сильной корреляционной связи между анализируемыми атрибутами, совместно воздействующими на целевой вектор характеристик. Такая связь затрудняет оценивание характеристик и выявление зависимости между атрибутами и целевым вектором [3, 6].

Примененный метод выбора атрибутов использует модификацию генетического алгоритма, описанного в [6]:

Шаг 1. Инициализация: выбор доли кроссинговера CF , создание начальной популяции моделей случайным образом.

Шаг 2. Проверка условия завершения алгоритма: превышено допустимое число итераций алгоритма N или изменение суммы квадратов регрессионных остатков SSE оказалось недопустимо малым.

Шаг 3. Селекция: выбирается F лучших моделей с минимальной суммой квадратов регрессионных остатков SSE .

Шаг 4. Отбор: Выбирается $F_1 = CF \times F$ случайных моделей для скрещивания и мутации.

Шаг 5. Скрещивание: каждая аллель случайным образом заполняется геном одного или другого родителя.

Шаг 6. Мутация: для каждой модели в каждой аллели с вероятностью P_2 происходит случайная равновероятная замена текущего гена на 0 или 1.

Шаг 7. Возврат к шагу 2.

На этапе подготовки данных необходимо количественно оценить качественные атрибуты модели. Каждый качественный атрибут оценивается относительным показателем K , характеризующим уровень измеряемого атрибута, и вместимостью M , характеризующей сравнительную важность атрибутов. Относительные показатели K и вместимости M для каждого атрибута модели получены методом экспертных оценок.

В соответствии с методами и алгоритмами, описанными в [4], проводится обследование УДС с целью идентификации геоинформационной модели ТрИ [5], позволяющей построить атрибутно-ориентированную модель ТП, оперирующую агрегированной атрибутивной, семантической, геопространственной информацией в едином информационном пространстве ИТС.

Дальнейшие работы будут направлены на построение атрибутно-ориентированной модели ТП и изучение ее адекватности. Такая модель ТП позволит комплексно учитывать влияние ТСОДД, других объектов ТрИ, их управляющих воздействий на ТП, моделировать дорожное движение на макроуровне с учетом локальных управляющих воздействий.



Рис. 2. Декомпозиция модели транспортного потока

Литература

1. Головнин, О.К. Анализ транспортных моделей имитационных платформ / О.К. Головнин // ИТ & Транспорт : сб. науч. статей ; под ред. Т.И. Михеевой. – Самара : Интелтранс, 2014. – Т. 1. – С. 19–28.
2. Зырянов, В.В. Применение моделирования для оценки проектов транспортной инфраструктуры / В.В. Зырянов, В.Г. Кочерга // Актуальные вопросы проектирования автомобильных дорог : сборник научных трудов. – 2012. – № 3. – С. 7–12.
3. Катруца, А.М. Проблема мультиколлинеарности при выборе признаков в регрессионных задачах / А.М. Катруца, В.В. Стрижов // Информационные технологии. – 2015. – № 1. – С. 8–18.
4. Михеева, Т.И. Методы и алгоритмы экспертизы объектов транспортной инфраструктуры / Т.И. Михеева, В.А. Ключников, О.К. Головнин // Современная транспортная инфраструктура.



менные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – URL: <http://www.science-education.ru/120-16656>.

5. Сидоров, А.В. Построение геоинформационной модели объектов транспортной инфраструктуры / А.В. Сидоров, О.К. Головнин // Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений (ITIDS'2014) : труды II Междунар. конф. – Уфа : Изд-во УГАТУ, 2014. – С. 165–169.

6. Стрижов, В.В. Методы выбора регрессионных моделей / В.В. Стрижов, Е.А. Крымова. – М. : ВЦ РАН. – 2010. – 60 с.

7. Швецов, В.И. Математическое моделирование транспортных потоков / В.И. Швецов // Автоматика и телемеханика. – 2003. – № 11. – С. 3–46.

8. Intelligent Transport Systems: Methods, Algorithms, Realization / T.I. Mikheeva, I.G. Bogdanova, A.A. Fedoseev, O.K. Golovnin, [et al.] ; under the editorship of T. Mikheeva. – Saarbrucken : LAP Lambert Academic Publishing, 2014. – 164 p.

А. А. Губайдуллина

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ВАГОНОВ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

(Казанский национальный исследовательский технический университет
имени А.Н. Туполева – КАИ)

В настоящее время в России пока не разработано полнофункциональной оптико-электронной системы, обеспечивающих эффективное решение задачи идентификации объектов подвижного состава железнодорожного транспорта в автоматическом режиме. Большинство применяемых на постах списывания систем телевизионного мониторинга обеспечивают лишь формирование и ввод в ЭВМ видеопоследовательности изображений рабочей сцены - области контроля. Диагностику появления состава и решение о записи видеофрагмента принимает оператор. Таким образом, существующие ОЭСИ обеспечивают, как правило, лишь функции цифрового видеоманитофона.

В настоящее время при осуществлении железнодорожных перевозок крупные промышленные предприятия, объекты инфраструктуры железных дорог, транспортные компании сталкиваются с задачами:

- автоматического учета движения составов и вагонов;
- визуального осмотра груза;
- контроля соблюдения габаритов и веса подвижного состава.

Успешное решение этих задач влияет как на безопасность железнодорожного движения в целом, так и на эффективность работы конкретного предприятия или организации. Модуль распознавания номеров вагонов и цистерн является надежным и удобным инструментом для достижения целей, которые ставит перед системой видеонаблюдения железнодорожный транспорт.



Задача распознавания номеров вагонов требует описания всего десяти классов, цифры от 0 до 9. Номера на большинстве вагонов написаны одинаковым шрифтом, используется шаблонный метод распознавания.



Рис. 1. Изображение номера вагона

Для компактности, повышения достоверности и удобства передачи информации введена восьмизначная система нумерации.[2, стр. 57]

В отличие от задачи ввода автомобильных номеров, требования по быстрдействию здесь уменьшены в несколько раз из-за того, что в зоне считывания может находиться только один вагон. Этапы ввода вагонного номера аналогичны описанным выше этапам:

- детектор движения вагона;
- локализация области номера;
- бинаризация номера;
- нормализация номера по размеру;
- распознавание номеров с учетом синтаксического контроля;
- ведение траекторий номера;

Общая структура

Подавляющее большинство российских вагонных номеров состоит из 8 однородных цифр, причем известно контекстное правило, позволяющее определить любую из восьми цифр, по оставшимся семи. Особенности структуры номера состоят в том, что расстояние между цифрами может быть различным из-за неоднородности поверхности вагона (ребра жесткости). Естественными дефектами являются случайный шум, обусловленный загрязнением вагона и неоднородностью поверхности вагона или цистерны (см. рис. 2).

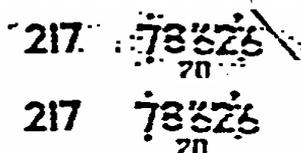


Рис. 2. Дефекты бинарных образов вагонных номеров и устранение шума

В условиях ввода номера на станциях справедлива гипотеза о снижении скорости состава, что приводит к удлинению траектории, вычисляемой количеством снятых кадров одного номера. Это позволяет ослабить требования к распознаванию сложных случаев и в совокупности с контекстными правилами добиться качественного распознавания номеров в серии длиной 7-10 кадров с помощью упрощенной сегментации.

Этапы работы модуля распознавания:

- Сегментация (поиск на изображении номера вагона и разбиение его на символы).
- Масштабирование, приведение символа к размеру эталона.
- Распознавание.



На рисунке 3 представлена схема расположения камер для считывания номеров.

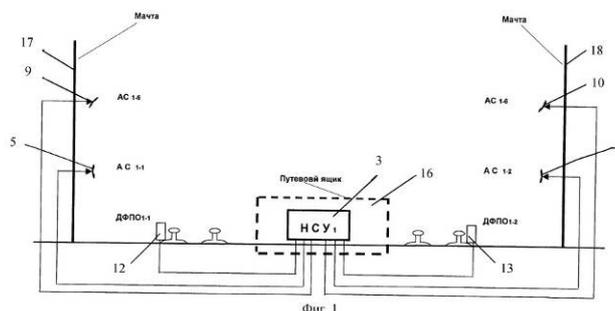


Рис. 3. Расположение камер (АС - автоматическое считывание)

Задача будет решена с использованием нейронных сетей. Будет построена многослойная нейронная сеть с прямым распространением сигнала. Не существует готовых рекомендаций по определению архитектуры сети, поэтому она будет определяться путем подбора для заданной обучающей выборки и выбранного метода обучения. Для обучения нейронной сети был выбран метод обратного распространения ошибки. [1, стр. 45]

Литература

1. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: Пер. с польск. И. Д. Рудинского. - М.: Горячая линия -Телеком, 2006. - 452 с.

2. Барсегян А.А., Куприянов М.С., Кузнецов М.С., Степаненко В.В., Холод И.И. Технологии анализа данных: Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP [Текст] — 2-е изд. перераб. и доп. — СПб.: БХВ-Петербург, 2007. — 384 с.: ил.

Н.В. Догадкин, Т.И. Михеева, О.К. Головнин

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ МОДУЛЬ УЧЕТА РЕКЛАМНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Наружная реклама играет существенную роль в жизни современных мегаполисов, её количество и разнообразие вызывают затруднения при учете, регламентации конструкций, дислокации на улично-дорожной сети. Эту проблему резонно решить средствами геоинформационной системы (ГИС), предоставляющей конечному пользователю инструменты для ведения и поиска информации по рекламным объектам, их визуализации на карте города и создания отчетов.

Существует множество систем, выполняющих подобные функции, большинство из которых являются т.н. адресными программами компаний, занимающихся изготовлением или обслуживанием наружной рекламы. Такие сис-



темы исключительно утилитарны, обладают скромным функционалом и предназначены лишь для внутреннего использования. Хорошим примером служит «Реестр рекламных объектов г.о. Самара» муниципального геопортала Самары, но и он не обладает требуемой гибкостью и функционалом, имеются сложности с ведением реестра данных. На решение этих проблем направлена геоинформационная система «ITSGIS», в частности, ее модуль, предназначенный для учета рекламных конструкций, расположенных на улично-дорожной сети. Актуальность разработки подтверждается количеством потенциально заинтересованных организаций, работающих в сфере наружной рекламы.

На базе информационной платформы, состоящей из геоинформационной системы «ITSGIS» и СУБД «PostgreSQL» разработана и реализована автоматизированная система учета рекламных конструкций, которая является подключаемым модулем (плагином) ГИС «ITSGIS». Основная задача системы – ведение базы данных рекламных конструкций, визуализация данных конструкций на электронной карте и предоставление заинтересованным сторонам удобного инструментария для работы со слоем и данными наружной рекламы [1].

В качестве основных объектов в системе рассматриваются:

- Рекламные конструкции (РК) – щиты, стенды, строительные сетки, перетяжки, электронные табло, предназначенные для проекции рекламы на любые поверхности оборудования, воздушные шары, аэростаты и иные технические средства стабильного территориального размещения, монтируемые и располагаемые на внешних стенах, крышах и иных конструктивных элементах зданий, строений, сооружений или вне их, а также остановочных пунктов движения общественного транспорта [2, 3]. РК представляют объекты наружной рекламы, описываются типом, данными о месторасположении и владельце, геометрическими размерами, датами установки и демонтажа, данными об аренде. Имеется возможность прикреплять фотографии.
- Организации – объект организации-владельца определенной РК. Описывается наименованием, адресом, телефоном и т.д.
- Геометрия – объект, в виде которого выполняется отображение РК на карте. Реализован в виде цветной пиктограммы, уникальной для каждого типа РК, представляющей схематичное изображение типа и расположение объекта.

Каждый из этих объектов описывается сущностным классом. Система обеспечивает их персистентность путем сохранения в базу данных. Их вид и отношения можно изобразить с помощью ER-модели данных, показанной на рисунке 1.

Предусмотрены функции ведения базы данных объектов типа «Рекламная конструкция» с привязкой их месторасположения к электронной карте города, отображение этих объектов на интерактивной карте, просмотр информации о выбранном объекте, поиск объектов по критериям, создание информационных отчетов на базе его результатов с последующим экспортом в формат RTF. Подробнее сервисы, предоставляемые системой показаны на рисунке 2.

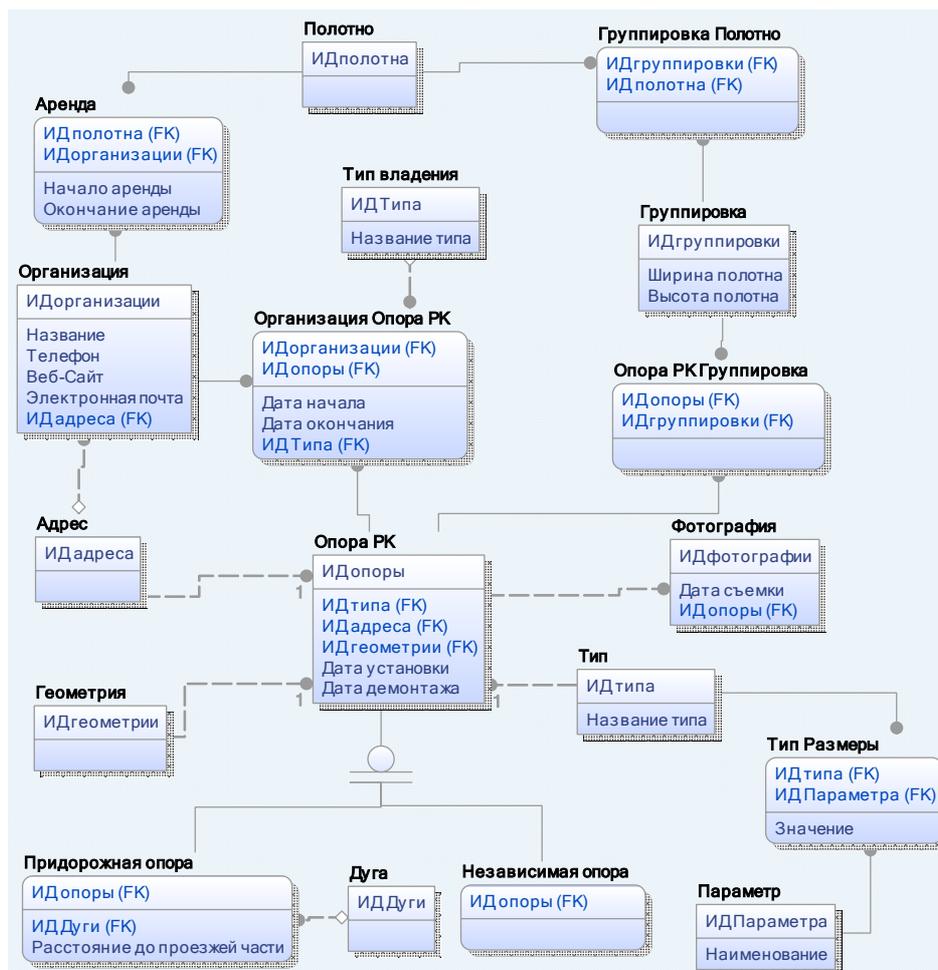


Рис. 1. ER-модель базы данных системы

Модуль интегрируется с «ITSGIS» на трех уровнях: уровне данных, сервера и клиента. На уровне данных происходит интеграция таблиц сущностей в общую логическую модель данных системы. При этом устанавливаются связи с объектами «Адрес» и «Геометрия», создается специальный слой, в котором хранятся все объекты, отображаемые на карте. На уровне сервера приложений происходит наполнение слоя доступа к данным (DAL) новыми объектами доступа к данным (DAO), описываются сервисы «WCF», реализующие специфичные для предметной области действия, внедряются правила разграничения одновременного доступа пользователей. На уровне клиента реализуется пользовательский интерфейс с применением паттерна проектирования MVP и бизнес-логика [4, 5].

Подключение слоя «Реклама» осуществляется через окно менеджера слоев. Интерфейс системы представляет собой отдельную вкладку на панели плагинов системы (рис. 3). На ней расположена панель инструментов с кнопками, предоставляющими доступ к основным функциям системы. Редактор организаций позволяет работать со списком соответствующих объектов. Эти объекты в дальнейшем используются в системе в качестве справочников. Кнопки ведения объектов РК настраивают систему на соответствующие режимы. Так, например, после нажатия на кнопку добавления необходимо выбрать на карте место расположения РК.

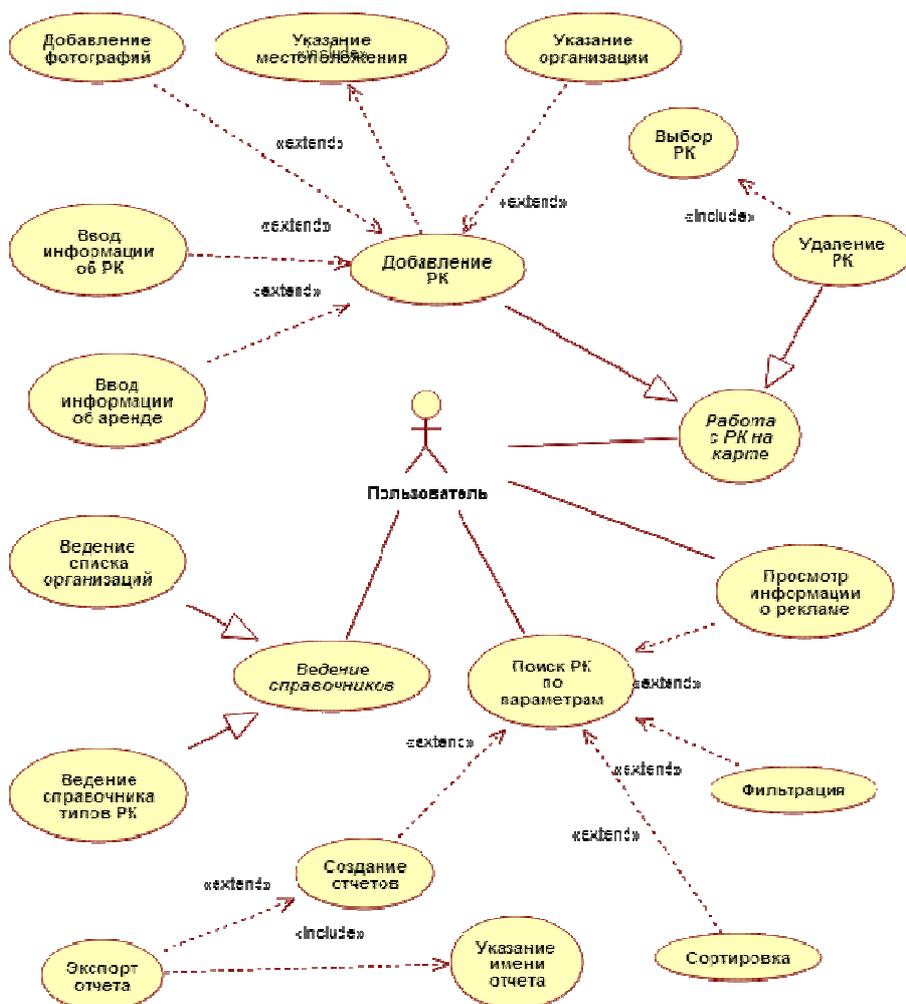


Рис. 2. UML-диаграмма вариантов использования системы

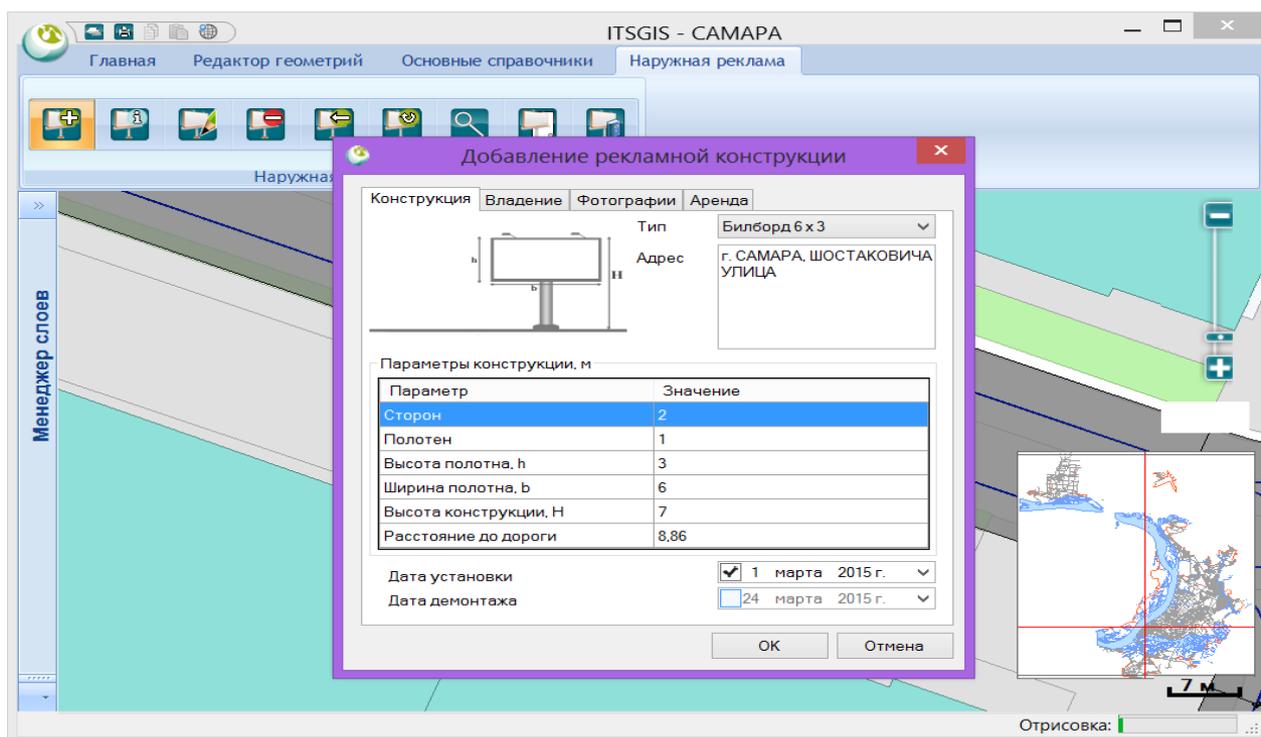


Рис. 3. Внесение информации о рекламной конструкции



Система автоматически найдет адрес места и заполнит соответствующее поле. При необходимости в тематических вкладках экранной формы можно выбрать тип объекта и описать его геометрические характеристики, выбрать организацию-владельца, добавить фотографии и так далее. После подтверждения и необходимых проверок объект будет добавлен в базу и отображен на карте. Произвести остальные операции над ним можно с помощью соответствующих кнопок. Поиск осуществляется в отдельном окне, так же вызываемом с панели. После задания параметров поиска будет отображен список РК, подпадающий под условия фильтрации. Эти результаты могут быть экспортированы во внешний файл.

Литература

1. Федеральный закон от 13.03.2006 N 38-ФЗ "О рекламе" (13 марта 2006 г.).
2. ГОСТ Р 52044-2003. Наружная реклама на автомобильных дорогах и территориях городских и сельских поселений. Общие технические требования к средствам наружной рекламы. Правила размещения. – Введ. 2009-09-01. – М.: Стандартиформ, 2009. – 11 с.
3. Михеева Т.И., Головнин О.К. Геоинформационная система закрепления территорий на электронной карте // Геоинформационные технологии в проектировании и создании корпоративных информационных систем: межвузовский науч. сборник. – Уфа: Изд-во УГАТУ. – 2014. – С. 23-28.
4. Михеева Т.И., Головнин О.К., Федосеев А.А. Паттерновое проектирование интеллектуальных транспортных систем // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6. URL: www.science-education.ru/106-7967 (дата обращения: 14.03.2015).

В.А. Засов, Е.Н. Никоноров, М.В. Ромкин

ВОЗМОЖНОСТИ МЕТОДОВ СЛЕПОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛОКОМОТИВНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

(Самарский государственный университет путей сообщения)

Автоматическая локомотивная сигнализация непрерывного действия (АЛСН) представляет собой комплекс устройств для приема и передачи, в кабину машиниста показания напольных светофоров, к которым приближается поезд. Для передачи сигналов АЛСН в локомотив используется рельсовая цепь, по которой от светофора посылается модулированный электрический сигнал переменного тока – код, определяющий вид огня светофора.

На основе принятых сигналов АЛСН локомотивное вычислительное устройство контролирует скоростной режим ведения поезда, предупреждает о его нарушениях и останавливает поезд при проезде запрещающего сигнала. Оче-



видно, надежность и достоверность приема сигналов АЛСН во многом определяют безопасность движения поездов.

Особенностью работы системы АЛСН является ее функционирование в условиях воздействия интенсивных помех различной физической природы. Это гармонические, шумовые и импульсные помехи, создаваемые из-за асимметрии обратного тягового тока в рельсах, их намагниченности, пересечения линиями электропередачи железнодорожных путей, колебания корпуса локомотива и многих других.

При решении задачи мониторинга системы АЛСН вагонами-лабораториями автоматики целесообразно принятый в локомотив сигнал разделять на составляющие: собственно сигнал АЛСН и сигналы помех различной физической природы.

Задачей настоящей работы является исследование возможностей методов слепого разделения (blind separation) сигналов для повышения помехоустойчивости систем АЛСН. Ниже приведены результаты моделирования в среде MATLAB некоторых алгоритмов слепого разделения сигналов и представлен сравнительный анализ их эффективности при обработке сигналов АЛСН при воздействии различных видов помех.

Рассмотрим модель образования аддитивной смеси сигналов АЛСН и помех в виде линейной многомерной системы, имеющей n входов и m выходов. Входными сигналами модели являются сигналы $s_j(t)$, $j=1,2,\dots,n$, выходными сигналами $x_i(t)$, $i=1,2,\dots,m$. Входные сигналы – это сигналы генерируемые различными источниками сигналов (источниками помех и генераторами кодовых сигналов АЛСН), а выходные сигналы – аддитивные смеси сигналов АЛСН и различных помех. Положим, что каждый из m выходов такой многомерной системы связан со всеми n входами линейными каналами преобразования и передачи сигналов.

Таким образом, в дискретный момент t времени m -мерный вектор принятых дискретных сигналов $\mathbf{x}(t)=[x_1(t),x_2(t),\dots,x_m(t)]^T$ получается из n -мерного вектора сигналов источников $\mathbf{s}(t)=[s_1(t),s_2(t),\dots,s_n(t)]^T$ следующим образом:

$$\mathbf{x}(t) = \sum_{\phi=0}^P \mathbf{Z}(\phi)\mathbf{s}(t-\phi) + \mathbf{n}(t) = \mathbf{Z} * \mathbf{s}(t) + \mathbf{n}(t),$$

где $\mathbf{Z}(\phi)$ - $m \times n$ матрица импульсных характеристик каналов передачи сигналов с элементами $\{h_{ij}(\phi, j)\}$, $\mathbf{n}(t)=[v_1(t),v_2(t),\dots,v_m(t)]^T$ - вектор шума, $*$ - операция свертки.

Термин «слепая обработка» объясняется тем, что информация о $\mathbf{Z}(\phi)$ в явном виде недоступна и информацией, используемой для определения входного сигнала \mathbf{s} , является реализация вектора наблюдений \mathbf{x} и знание свойств источников сигналов.

Оценку эффективности алгоритмов слепого разделения будем производить на тестовых сигналах, представляющих собой аддитивную смесь сигнала



АЛСН («зеленый огонь») с несущей 50 Гц, гауссовского и импульсного шумов, моделирующих нестабильность токосъема пантографом и гармонической помехи 2Гц, моделирующей колебания корпуса локомотива.

Для оценки качества разделения используем подход, при котором выделенный из смеси сигнал \hat{s}_j представляется суммой $\hat{s}_j = s_{target} + e_{interf}$, в которой s_{target} представляет оригинальный сигнал, а e_{interf} - ошибку интерференции (влияния других сигналов)[5]. Таким образом, мерой качества разделения может служить параметр - отношение сигнал - интерференция (signal to interference ratio - SIR):

$$SIR = 10 \log_{10} \frac{\|s_{target}\|^2}{\|e_{interf}\|^2}.$$

Алгоритм анализа независимых компонент (ICA) [1] основан на центральной предельной теореме, из которой следует, что сумма независимых произвольных переменных обычно имеет распределение, которое ближе к гауссовскому, чем любая из двух исходных входных переменных. Таким образом, для разделения смеси сигналов необходимо максимизировать негауссовость.

Предположим, что наблюдается m линейных смесей $\{x_1, \dots, x_m\}$ независимых компонент $x_j = h_{j1}s_1 + h_{j2}s_2 + \dots + h_{jn}s_n$. Матрица \mathbf{H} с элементами h_{ij} является смешивающей матрицей.

Сущность метода ICA состоит в нахождении такого линейного преобразования $\mathbf{s} = \mathbf{H}^{-1}\mathbf{x} = \mathbf{W}\mathbf{x}$, при котором компоненты s_i были настолько независимы, насколько возможно, в смысле максимизации некоторой функции $G(s_1, \dots, s_n)$, которая является мерой независимости. Матрица \mathbf{W} обозначает оценку обратной смешивающей матрицы \mathbf{H} , т.е. $\mathbf{W} = \mathbf{H}^{-1}$.

Тогда для оценки одного независимого компонента, рассмотрим линейную комбинацию x_i

$$y = w^T \mathbf{x} = \sum_i w_i x_i,$$

где w - одна из строк разделяющей матрицы \mathbf{W} , которая должна быть определена. Произведем замену переменных, определяя $\mathbf{z} = \mathbf{H}^T w$. Тогда получим

$$y = w^T \mathbf{x} = w^T \mathbf{H}\mathbf{s} = \mathbf{z}^T \mathbf{s} = z_1 s_1 + \dots + z_n s_n.$$

Таким образом, получаем y как линейную комбинацию s_i с весами z_i . Так как сумма двух однородных независимых случайных величин более гауссова, чем первоначальные переменные, то $\mathbf{z}^T \mathbf{s}$ является более гауссовым, чем любой s_i и становится наименее гауссовой, когда она фактически равняется одному из независимых компонент s_i . В этом случае только один элемент z_i вектора \mathbf{z} является отличным от нуля.

Следовательно, максимизация меры негауссовости $w^T \mathbf{x}$ позволяет выделить независимый компонент.

Условием применения алгоритма AMUSE [2] является некоррелированность источников. Алгоритм удобно разделить на два этапа: обеление (декор-



реляция) наблюдаемых данных и, непосредственно, оценка источников сигналов.

Обеление наблюдаемого вектора осуществляется с помощью собственной структуры матрицы корреляции наблюдаемого сигнала:

$$\mathbf{R}_x(0) = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \mathbf{x}(t)\mathbf{x}(t)^T = \mathbf{V}_x \mathbf{J}_x \mathbf{V}_x^T.$$

Обеленный вектор наблюдаемых сигналов может быть выражен следующим образом:

$$\bar{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{J}_x^{-1/2} \mathbf{V}_x^T \mathbf{x}(t)$$

После чего оценка формы источников может быть найдена, используя собственную структуру матрицы корреляции обеленного вектора для временной задержки p :

$$\mathbf{R}_{\bar{x}}(p) = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \bar{\mathbf{x}}(t)\bar{\mathbf{x}}(t-p)^T = \mathbf{V}_{\bar{x}} \mathbf{J}_{\bar{x}} \mathbf{V}_{\bar{x}}^T.$$

Далее вычисляется временная реализация сигналов источников.

Разделение сигналов с помощью алгоритма SONS [3] основано на признаке стационарности и нестационарности сигналов, составляющих аддитивную смесь.

На первом этапе получается обеленный вектор данных $\bar{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{Q}\mathbf{x}(t)$. Далее пространственно обеленный вектор данных $\bar{\mathbf{x}}(t)$ разделяется на L неперекрывающихся блоков (временных окон T_i) и оценивается набор ковариационных матриц $\tilde{\mathbf{R}}_x(T_i, p_l)$ для $i=1, \dots, L, l=1, \dots, M$. Другими словами, для каждого блока данных рассчитывается M различных ковариационных матриц (хорошая производительность достигается при $M=1, L=20$ при числе отсчетов на блок равном 10-200).

Затем вычисляется ортогональная матрица \mathbf{U} для всех $\{\mathbf{R}_{\bar{x}}(T_i, p_l)\}$ на основе метода совместной приближительной диагонализации (joint approximate diagonalization JAD):

$$\mathbf{U}^T \mathbf{R}_{\bar{x}}(T_i, p_l) \mathbf{U} = \mathbf{D}_{i,l},$$

где $\mathbf{D}_{i,l}$ - набор диагональных матриц. Далее определяется матрица смешивания $\hat{\mathbf{N}} = \mathbf{Q}^+ \mathbf{U}$, по которой вычисляются разделяющая матрица и сигналы \mathbf{s} источников.

Проведено моделирование алгоритмов ICA, AMUSE и SONS средствами пакета MATLAB, результаты которого изображены на рис. 1. Параметры разделения SIR также приведены в таблице.

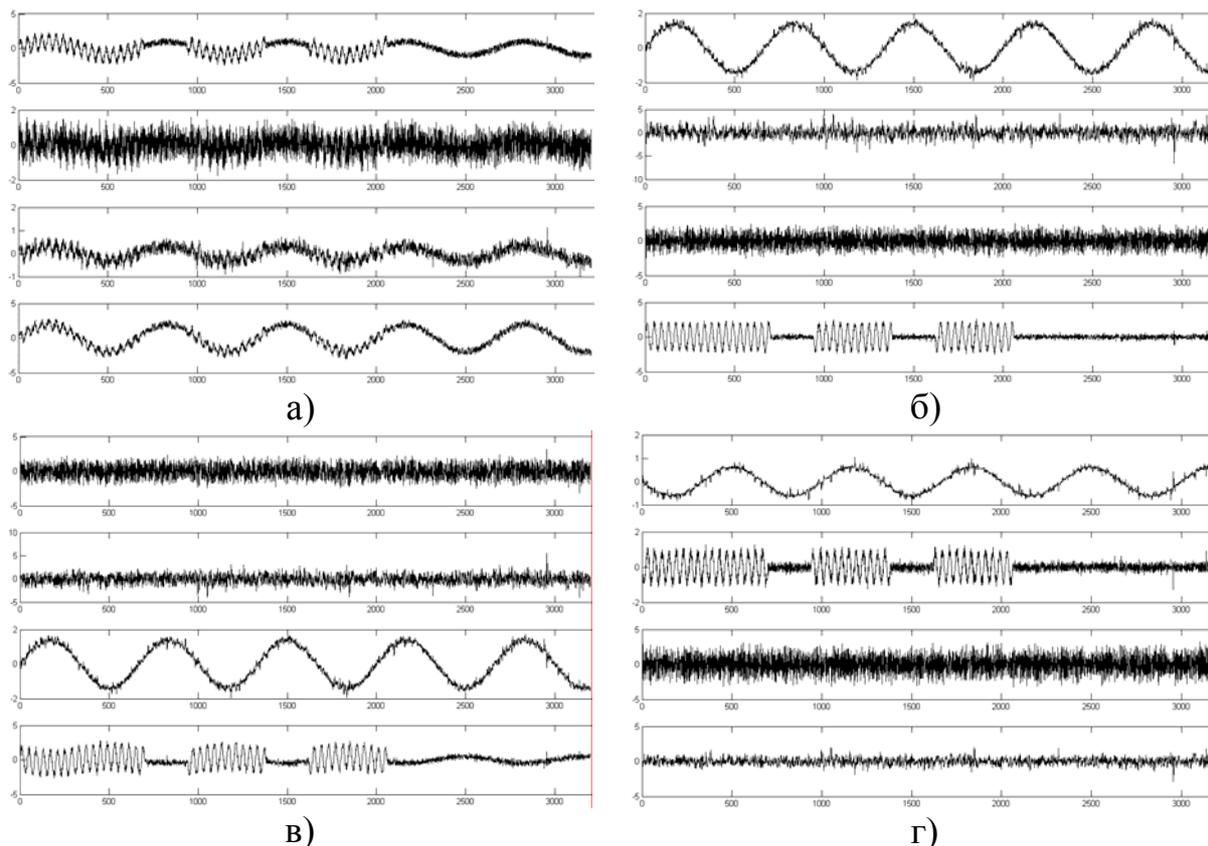


Рис.1. а) - смеси сигналов, б), в), г) – соответственно результаты разделения смесей сигналов с помощью алгоритмов ICA, AMUSE, SONS

Таблица

Параметры разделения для исследуемых алгоритмов.

| Алгоритм / тип сигнала | АЛСН, SIR, дб | Гармоника 2 Гц, SIR, дб | Нормальный шум, SIR, дб | Импульсный шум, SIR, дб |
|------------------------|---------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| ICA | 16 | 15 | 19 | 0 |
| AMUSE | 6 | 12 | 25 | -1 |
| SONS | 7 | 11 | 16 | -2 |

Таким образом, для используемой в работе модели смешивания четырех сигналов с частотно независимыми каналами наилучшие параметры разделения сигналов получены для алгоритма ICA.

Литература

1. Hyvarinen, A. and Oja, E. Independent component analysis: Algorithms and applications. Neural Networks, 13(4-5): 2000. P.411-430.
2. L.Tong, V.C. Soon Y.F. Huang, and R.Liu. AMUSE: a new blind identification algorithm. In Proc. IEEE ISCAS, pages 1784-1787 vol.3, New Orleans, LA, 1990. IEEE
3. Cichocki, C. Amari. Adaptive blind signal and image processing: Learning algorithms and applications. Wiley, 2002. - 555 p.



А.В. Золотовицкий, Т.И. Михеева, А.В. Сидоров

МЕТОДЫ РАБОТЫ С ГРАФОВОЙ МОДЕЛЮ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ В ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ITSGIS

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

В последние годы проблема оптимизации в сложных системах, к которым относятся транспортные системы, становится одной из ведущих в мире. Для транспортных систем характерны связи между элементами, реализованные в виде обмена некоторой субстанцией между элементами. В транспортных системах такой субстанцией является транспортный поток [1]. Транспортную сеть можно рассматривать в виде совокупности двух множеств элементов: «узлы» системы и «потoki» между узлами. Связями в данной трактовке системы будут отношения инцидентности узлов и потоков. Такое представление позволяет применить концепции и методы теории графов, как к построению моделей транспортной системы и составляющих ее элементов (транспортная сеть, поток), так и к решению задач маршрутизации [2].

Построение маршрутов в геоинформационной системе ITSGIS является задачей о нахождении кратчайшего пути между двумя удаленными объектами на графе: необходимо найти маршрут кратчайшей длины для двух пунктов – $M_{отпр}$ и $M_{назн}$ – пунктов отправления и назначения между n населенными пунктами, соединенными m дорогами.

Кластеризация графа

Граф транспортной сети состоит из множества узлов (перекрестков), пронумерованных в определенном порядке $\{1, \dots, N\}$. Каждый i -й узел имеет геометрические координаты (x_i, y_i, z_i) . Пусть n_i – количество узлов, из которых можно попасть в узел i непосредственно, $\{k_1, \dots, k_{n_i}\}$ – номера таких соседних (инцидентных) вершин [3]. Совокупность векторов из номеров соседних вершин образуют матрицу из N строк с переменным количеством столбцов (матрица инцидентностей). Аналогичной структурой матрица характеризует количество полос, подходящих в определенном направлении к данной вершине. Введением дополнительных узлов, если необходимо, можно добиться того, чтобы считать ребра транспортной сети (перегоны) прямолинейными, примерно равными по длине. Это процедура определяет дискретизацию графа G . Процедура кластеризации графа заключается в следующем: каждому номеру $\{1, \dots, N\}$ сопоставим суммарное количество полос, непосредственно входящих в данный узел (кратность узла):

| | | | |
|-------|-------|-----|-------|
| 1 | 2 | ... | N |
| m_1 | m_2 | ... | m_N |

Руководствуясь этой информацией, построим распределение узлов по кратности, т.е. каждому значению кратности $d \in \{1, \dots, d_{max}\}$ сопоставим вектор номеров узлов с соответствующей кратностью:



$$D: \begin{cases} 1 & \rightarrow \{i_{1,1} \dots i_{1,k_1}\} \\ 2 & \rightarrow \{i_{2,1} \dots i_{2,k_2}\} \\ \dots & \\ d^* = d_{\max} & \rightarrow \{i_{d^*,1} \dots i_{d^*,k_{d^*}}\} \end{cases}$$

где d_k – различные узлы графа, $k_1 + k_2 + \dots + k_{d^*} = N$, т.е. ряд распределения кратности имеет вид:

| | | | |
|-------|-------|-----|-----------|
| 1 | 2 | ... | d^* |
| k_1 | k_2 | ... | k_{d^*} |

Величина $V = \sum_{i=1}^{d^*} ik_i$ характеризует **мощность транспортной сети**.

Рассмотрим $100 \cdot p\%$ разложение V , $0 < p < 1$

$$V = (1-p)V + (1-p)pV + (1-p)p^2V + \dots = V(1-p)(1+p+p^2+\dots)$$

Пусть

$$d_1 = \max \left\{ d \in \{1, \dots, d^*\} \mid \sum_{i=d}^{d^*} ik_i > (1-p)V \right\}$$

$$d_2 = \max \left\{ d \in \{1, \dots, d^*\} \mid \sum_{i=d}^{d^*} ik_i > (1-p)V(1+p) \right\}$$

$$d_k = \max \left\{ d \in \{1, \dots, d^*\} \mid \sum_{i=d}^{d^*} ik_i > (1-p)V(1+p+p^2+\dots+p^{k-1}) \right\}$$

Тем самым, геометрическая модель транспортной сети раскладывается в конечную сумму непересекающихся подграфов: $G_1 \oplus G_2 \oplus \dots$

На рисунке 1 показан пример расслоения по количеству полос геометрического графа транспортной сети г. Самара, соответствующего порогу $p=0,75$.

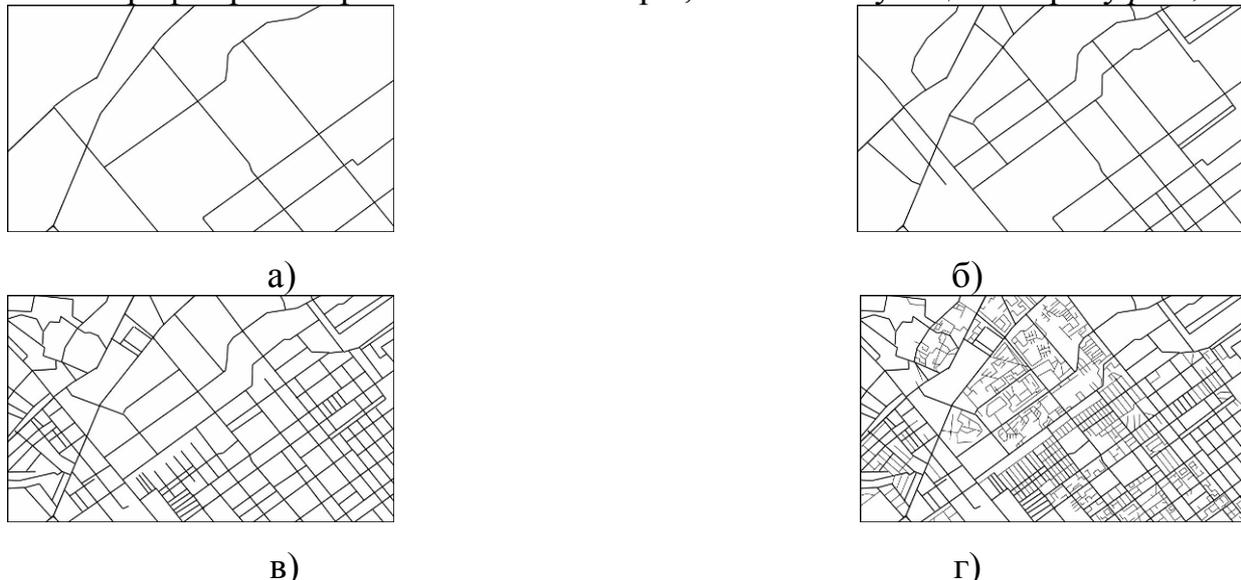


Рис. 1. Расслоение графа г. Самара по уровням $100p=75\%$:
 а) вершины, соответствующие 1-му слагаемому разложения;
 б) вершины, соответствующие 1 и 2-му слагаемым разложения;
 в) вершины, соответствующие 1-3 слагаемым разложения;
 г) вершины, соответствующие 1-4 слагаемым разложения



Клеточное сжатие графа

Процедура сжатия графа выполняется методом клеточной дискретизации. Рассмотрим плоскую транспортную сеть, т.е. координата z всех узлов одна и та же. Область плоскости, где расположен граф G , разбивается на клетки размером $\Delta \times \Delta$ (рис. 2).

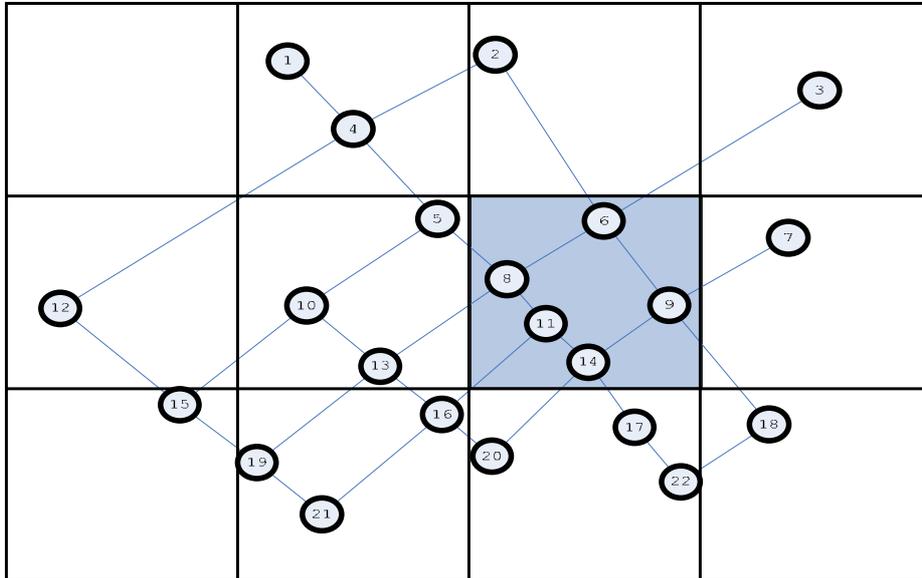


Рис. 2. Разбиение графа транспортной сети на клетки

Соберем все узлы, принадлежащие одной клетке, в центре этой клетки (рис. 3,4), и каждой такой клетке сопоставим 4 инцидентные связи (север – восток – юг – запад), каждая из которых суммирует характеристики ребер, пересекающие соответствующие стороны клетки или соединяющие клетки (длина ребра меньше размера клетки) [4, 5].

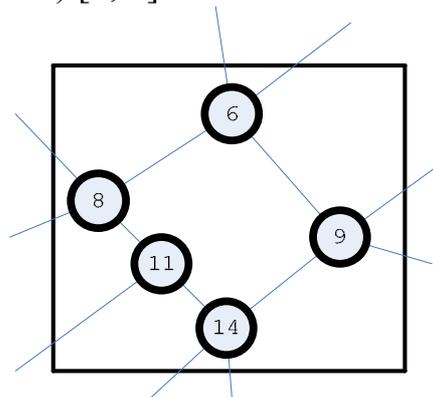


Рис. 3. Клетка транспортной сети

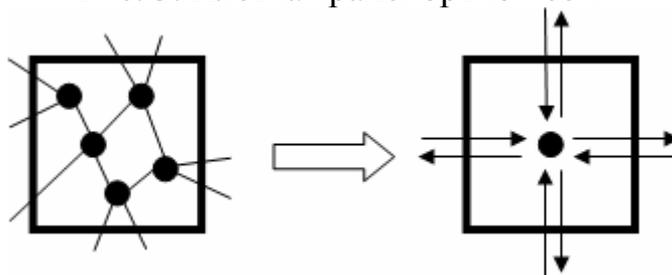


Рис. 4. Процедура сжатия клетки транспортной сети



Линейное сжатие графа

Линейное сжатие графа это способ уменьшения размерности графа за счет объединения нескольких последовательных ребер в одно. Граф G' называется сжатием графа G , если он получен из графа G удалением вершин степени 2 и заменой цепи ребер, инцидентных этим вершинам, одним ребром (рис. 5, 6).

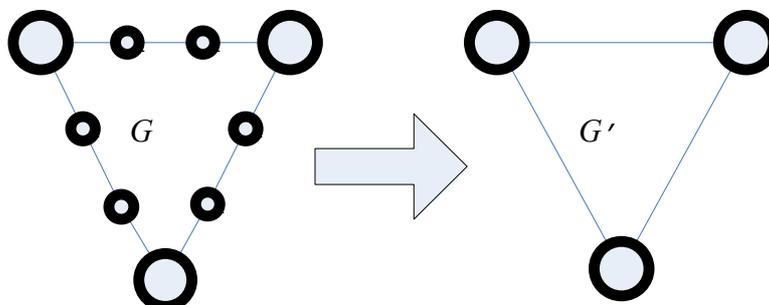


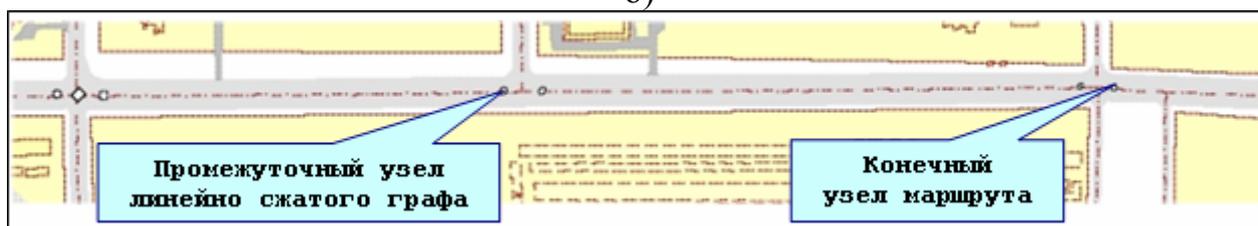
Рис. 5. G' - сжатие графа G



а)



б)



в)

Рис. 6. Сжатие графа ул. Московское шоссе на карте
а) начальный участок от ул. Мичурина до ул. Гагарина
б) промежуточный участок от ул. Аврора до ул. Потапова
в) конечный участок от ул. Димитрова до ул. Ташкентская

Геоинформационная система ITSGIS позволяет строить транспортные маршруты по графу улично-дорожной сети. В системе реализованы алгоритмы уменьшения размерности графа: сжатие и кластеризация. Например, сжатие графа участка улично-дорожной сети Московского шоссе от ул. Мичурина до ул. Ташкентская, который при пороге кластеризации $p=0,5$ (выбраны основные транспортные участки с интенсивным движением) содержит 72 узла. Для пере-



гонов использовался линейный метод сжатия графа, при котором весовая характеристика ребра суммируется. Для перекрестков использовался метод клеточного сжатия, при котором перекресток представлен одним узлом.

Литература

1. Луканин В.Н., Буслаев А.П., Трофименко Ю.В., Яшина М.В. Авто-транспортные потоки и окружающая среда. – М.: ИНФРА-М, 1998. 408с.
2. Золотовицкий А.В. Применение графовых структур в системе управления дорожным движением / V Всероссийская научная конференция молодых ученых и аспирантов «Новые информационные технологии. Разработка и аспекты применения» //Тезисы докладов.-Таганрог, 2003. С.166.
3. Михеева Т.И., Золотовицкий А.В. Применение теории графов в задачах управления дорожным движением // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. Серия: «Актуальные проблемы радиоэлектроники» – Самара: СГАУ, - 2003. С. 20 - 24.
4. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р. Алгоритмы: построение и анализ. – М.: МЦНМО, 2001. 960 с.
5. Вайсфельд В.А., Ексаев А.Р. Геоинформационные технологии и городские инженерные сети – основные принципы интеграции // Информационный бюллетень ГИС-Ассоциации, 1997. – № 1(8) С. 26.

А.В. Игнатенков, А.М. Ольшанский

О ЖАДНОЙ СТРАТЕГИИ ПРОКЛАДКИ ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

(ОАО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте», Самарский государственный университет путей сообщения)

В условиях повышенной изменчивости поездопотоков существенно изменились требования к графику движения поездов, связанные с оперативным перестроением графика в автоматизированном или даже автоматическом режиме. Цель настоящего доклада – предложить подход к построению графика движения поездов на основе «жадных» решений.

График движения поездов – система событий и процессов между ними, выбранная и заданная на многомерном графе путей и станций, включая необходимые условия и ограничения на отношения между элементами графа и категорией процесса.

Он включает в себя следующие элементы:

- точность графика (1 мин. для общего графика, 0,5 минуты для графика с наличием скоростных и высокоскоростных поездов);
- множество отдельных пунктов сети (N станций);



- набор данных о соединении пунктов сети – матрица $N \times N$, а также матрица корреспонденций всех поездов, необходимых в графике (также размерностью $N \times N$);
- топологию путей $\{R_N\}$ и набор свойств $\{r_{1N} \dots r_{kN}\}$ каждого пути (длина, специализация работы, запреты на отдельные операции и пр.);
- моменты отправлений поездов ($a_1 \dots a_{1440}$) по всем отдельным пунктам;
- моменты прибытий поездов ($b_1 \dots b_{1440}$) по всем отдельным пунктам;
- путность соединений между станциями (матрица размерности $N \times N$), значения путности 1,2,3,4;
- набор ограничений по прибытию и отправлению поездов (выраженный через условия допустимых неодновременных / одновременных прибытий и отправлений, попутных следований, с помощью задаваемых величин межпоездного интервала и пр.), который будет выписан отдельно и неоднократно рассматривался в существующей эксплуатационной литературе [1,2];
- пропускная способность станций и перегонов, определяемая расчетом;
- емкости станций (их парков), в поездах;
- сведения о лимитирующих перегонах;
- информация о минимальных перегонных временах хода между отдельными пунктами;

Такое определение графика движения поездов является новым с позиций практики и теории управления эксплуатационной работой железных дорог.

Задав указанные элементы, будем считать, что задано многообразие графиков движения поездов. В ряде случаев может быть задано и необходимое пользователю количество поездов по каждому направлению.

При этом сам поезд на каждый момент времени находящийся на отдельном пункте может мигрировать в одно из следующих состояний:

- Г1: отправиться на перегон и проследовать его без задержек;
- Г2: отправиться на перегон и замедлиться по прибытию на следующую станцию;
- Г3: отправиться на перегон и замедлиться по отправлению и по прибытию также;
- Г4: в следующий момент времени задержаться на станции отправления.

Для нашего представления графика движения поездов каждая нитка поезда ($a_{1,1} \dots b_{1,2} \dots a_{1,n-1} \dots b_{1,n}$), где первая цифра индекса показывает принадлежность к нитке, а вторая - к моменту прибытия или отправления по времени (возможно ввести третий индекс – номер станции, на которой данное событие происходит) – процесс на множестве «Time×Capacity×Train Type×Stations Features. Процесс понимаем в данном случае в смысле [3] как занятость железнодорожной линии данным поездом.

Тогда возможной схемой прокладки графика может выступить последовательность из двух этапов, повторяемая несколько раз для каждого крупного направления сети:

1. Прокладка поездов на перегоне;



2. Расчет событий на станции;
3. Переход к шагу 1.

Алгоритм может начинать работу либо с конечной станции направлений, либо с «лимитирующего перегона». Целесообразность того или иного подхода будет обосновываться при конкретной прокладке графика.

Каждый ход в модели прокладки процессов имеет заданную стоимость, которая может измеряться в единицах времени, в единицах съема поездов или в удельной потребляемой пропускной способности на 1 поезд, а также задаваться в пользовательском формате.

Стоимость прокладки варианта графика движения поездов будет выражаться как:

$$(1),$$

где C_t – терминальная стоимость (стоимость данного решения на конечных станциях),

m – число станций на направлении, n – число шагов.

То есть, для каждого шага можно написать рекурсивную инструкцию динамического программирования:

...

То есть, построение оптимального по условию (1) графика будет осуществляться исходя из соображений, что на последнем шаге будет предложено оптимальное решение. Весь график в этом случае будет оптимальным только если структура решений на шаге (i-1) также была оптимальной.

Рассмотрим поезда на графике между перегонами как некоторые процессы, совокупность которых упорядочена во времени по моментам их завершения: $G=(f_1, f_2, \dots, f_n)$. Сформулируем жадную стратегию построения графика движения поездов.

1. Шаг 1. Среди отобранного множества процессов находим такой, для которого на нашем полигоне имеется минимальная длительность:

$$g_i^1 = \min(s_{i1} \dots f_{i1}, \dots, s_{in} \dots f_{in})$$

Выбрав данный процесс (например, пассажирский поезд высшего приоритета), мы строим его график движения, который именуем как g_1 .

2. Шаг 2. Вычисляем стоимость прокладки такого поезда по его пути на графике движения.
3. Шаг 3. Из оставшегося подмножества $G1=(G \setminus g_1)$, реализуя шаги 1-2, выделяем вторую нитку графика g_2 , а также формируем следующее подмножество $G2=(G1 \setminus g_2) \dots$



Таким образом, будет построено максимальное подмножество совместных процессов, обладающее жадной оценкой стоимости, однако эту оценку можно признать субоптимальной, но не строго оптимальной.

Действуя так в четном и нечетном направлении однопутного участка, и соблюдая условия бесконфликтности, можно рассчитывать на жадный вариант однопутного графика, который, однако, не может быть назван оптимальным без строгого доказательства.

Предложенный подход может быть реализован при прокладке графика движения поездов различных типов, на любой железнодорожной линии.

Литература

1. Грунтов П.С., Дьяков Ю.В., Макарович А.М. Управление качеством эксплуатационной работы. Под ред. П.С. Грунтова. – М., Транспорт, 1994. – 543 с.
2. Oliviera, Elias. Solving dingle-track railway scheduling problem using Constraint Programming. – University of Leeds, School of Computing. – Sept.2001. – 129 p.
3. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р., Штайн К. Алгоритмы. Построение и анализ. Издание второе. – Пер. с англ. – М., издательский дом «Вильямс», 2013. – 1296 с., ил. - ISBN 978-5-8459-0857-5 (rus).
4. Хайкин С. Нейронные сети. Полный курс, 2-е издание. Пер. с англ. – М., издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с., ил. - ISBN 5-8459-0890-6 (rus).
5. Лоскутов А.И., Назаров А.В.. Нейросетевые алгоритмы прогнозирования и оптимизации систем. – СПб., НиТ, 2003. – 384 с. – ISBN 5-94387-076-8.

А.В. Игнатенков, А.М. Ольшанский

О ПОСТРОЕНИИ КВАЗИХОПФИЛДОВСКОЙ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УПОРЯДОЧЕНИЯ ПРОЦЕССОВ

(ОАО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте»)

График движения поездов, как ранее указывалось в [1,2], особенно в современных условиях, должен являться адаптивным инструментом, способствующим повышению технологической и экономической эффективности работы железнодорожного транспорта.

Наличие множества неформализуемых и слабоформализуемых факторов (специфика каждого участка, опыт работников транспорта, местные особенности, стохастический характер ряда ниток графика, значимые различия в характеристиках локомотивов внутри единой серии, неполнота нормативно-справочной информации и др.) практически исключает применение строгих ма-



тематических методов для прокладки графика движения поездов. Говоря шире, следует рассматривать не только задачу прокладки графика движения поездов, сколько задачу упорядочения некоторых процессов, понимаемых как длительности работ (потоков) с заданными моментами начала и окончания, и понимаемыми в смысле, в котором они определены в [3]. То есть, предлагаемая проблематика может затрагивать не только сегмент железнодорожного транспорта, но и смешанные транспортные системы.

В этих условиях все больший интерес вызывают системы с элементами искусственного интеллекта, применяемые к прокладке графика движения поездов.

В настоящей работе авторы предлагают изучить свойства некоторых архитектур искусственных нейронных сетей и предложить направления адаптации данных архитектур для прокладки графика движения поездов.

Одной из наиболее часто встречающихся архитектур является многослойный персептрон с обратным распространением ошибки, обучаемый с учителем. Его свойства и примеры использования широко известны [4, 5] и др.

Вектором входа для сети является кортеж упорядоченных наборов моментов отправления поездов с соответствующей станции; каждый набор задается в виде

$$X^A_i = (t_{a1...144}, type_i) \quad (1)$$

где $type_i$ – тип поездов, отправляемых с заданной станции А на станцию Б, $t_{a1...144}$ – моменты времени отправления поездов данного типа.

Выходом такой сети будет выступать кортеж векторов $Y^B_i = (t_{a1...144}, type_i)$, где $t_{a1...144}$ – времена прибытия поездов на станцию Б.

Ошибка нейронной сети может быть выражена как вектор

$$(2)$$

где Y^n – вектор нормативного прибытия заданных поездов данного типа на станцию Б со станции А.

Обучение такой сети может проводиться любым из допустимых методов.

Достоинством указанной архитектуры является возможность обучиться на примерах как полностью однопутных или двухпутных, так и совмещенных участков.

Если рассматривать график движения поездов как результат действия различных факторов, не описывая влияние каждого из указанных факторов на конкретную нитку поезда, а применяя предложенную нейронную сеть последовательно к интересующему направлению, можно решить проблему стыкования между собой графиков движения на различных участках сети, которая актуальна в настоящее время.

Возможность построить график движения как четных, так и нечетных поездов достигается путем искусственного присвоения одному из направлений поездов отрицательного измерения времени, которое отсчитывается не от отправления поезда с начальной станции участка, а от времени прибытия на ко-



нечную станцию в обратном направлении. Этот факт должен быть учтен при разработке средства визуализации графика движения.

Предлагаемая архитектура ориентирована в большей степени на учет опыта построения графика и обладает тем недостатком, что без соответствующих доработок не склонна предлагать иные варианты графика движения поездов, следовательно, перед прохождением обучения необходимо провести классификацию примеров для различных эксплуатационных ситуаций, наиболее распространенными из которых являются: «высокий летний пассажирский сезон», «высокий зимний сезон», «промежуточные фоновые месяцы», «окна» для ремонта инфраструктуры, возможна специфика по дням недели и т.п.

Для разработки графика движения поездов авторами предлагается следующая адаптированная архитектура искусственной нейронной сети (рис.1).

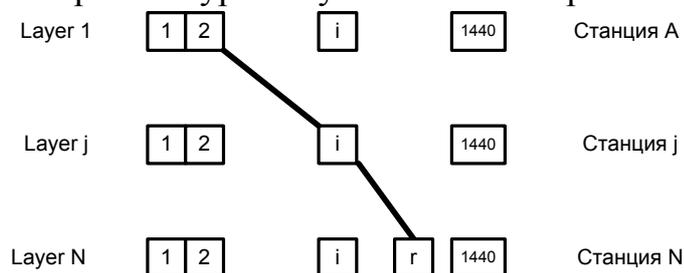


Рис.1. Нейронная сеть для прокладки графика движения поездов

Каждый слой нейронной сети соответствует выбранной железнодорожной станции. В слое представлены нейроны, каждый из которых имеет номер от 1 до 1440 (по числу минут в сутках при нескоростном типе графика). Подробное описание их будет дано отдельно.

Каждый нейрон может находиться в нескольких состояниях: «активен» - состояние нейрона, при котором входной сигнал может быть принят на вход соответствующего нейрона, «сон» - состояние, при котором значение потенциала данного нейрона равно нулю, «выключен» - нейрон не может принимать сигналы с предыдущего слоя.

Смысл состояний: первоначальное состояние нейрона – «активен». Поезд может прийти на текущую станцию (слой) в текущую минуту (номер нейрона в слое). «Сон» - поезд актуализирован (прибыл или отправился) на текущей станции в текущую минуту. «Выключен» - поезд не может прийти на текущую станцию в текущую минуту.

Из каждого нейрона i -го слоя идут связи к каждому нейрону слоя с номером $i+1$ (всего 1440 связей). Кроме того, каждый нейрон связан с несколькими нейронами слева (т.е. с нейронами с меньшим номером) и справа (с нейронами с большим номером). Также каждый нейрон имеет связь с самим собой, что необходимо для того, чтобы более часто возбуждаемый нейрон оставлял остаточное возбуждение для использования данного нейрона. Веса связей первоначально задаются случайным образом вещественными числами от нуля до единицы. В дальнейшем они изменяются в процессе обучения нейронной сети.



Правила связей. Связи нейрона с соседними нейронами в том же слое означают следующее. В случае нахождения нейрона в состоянии «сон», все нейроны, которые связаны с ним, переходят в состояние «выключен». Такая зависимость будет выражать такую сущность, как межпоездной интервал по станции – если поезд отправился со станции (прибыл на станцию), в течение некоторого времени ни один поезд не может отправиться с той же станции (прибыть на ту же станцию).

Если состояние нейрона «сон», то по исходящим связям на следующий слой будет передана информация о том, что поезд пришёл на указанную станцию в данное время.

В качестве первого прототипа выступает сеть, написанная на языке C#.

Нейрон задаётся следующим образом:

```
public class Neuron
{
    public Sostoyanie sostoyanie;
    //входы нейрона от предыдущего слоя
    public Link[] incomingLinksFromPrevLayer;
    //входы нейрона от соседей по слою слева
    public Link[] incomingLinksFromLeft;
    //входы нейрона от соседей по слою справа
    public Link[] incomingLinksFromRight;
    //внутренняя связь
    public Link InnerLink;
    // Накопленный нейроном заряд
    public double Power { get; set; }
}
```

где состояние нейрона описывается перечислением:

```
public enum Sostoyanie
{
    active, sleep, off
}
```

а связь выглядит так:

```
public class Link
{
    // Нейрон входа
    public Neuron Neuron;
    // Вес связи
    public double Weight;
}
```

incomingLinksFromPrevLayer – связи с предыдущего слоя, *incomingLinksFromPrevLayer* и *incomingLinksFromLeft* – связи с соседними нейронами, *InnerLink* – внутренняя связь, *Power* – число, характеризующее энергию нейрона.

Слой – массив из 1440 (по числу минут в сутках) нейронов. Слоёв ровно столько же, сколько и станций на рассматриваемом участке.

Здесь мы опускаем внутренние методы классов, равно как и их конструкторы.

Основная трудность синтеза предлагаемой архитектуры заключается в том, что, в отличие от распространенных классических архитектур многослойного персептрона и сети Хопфилда, предлагаемая конструкция должна как напоминать некоторые образы (в виде ранее исполненных графиков), что роднит ее с сетью Хопфилда и рекуррентными нейронными сетями, так и должна пред-



сказывать «траекторию» нитки графика движения поездов (что роднит ее с задачей аппроксимации функции и прогнозирования ее значений). Кроме того, требует исследования аспект устойчивости функционирования предлагаемой архитектуры сети.

Задача пользователя – подобрать с помощью обучения веса нейронов таким образом, чтобы решалась задача прокладки поездов по участку.

Обучение проводится следующим образом. Первоначальные веса определяются случайным образом числами от 0 до 1. Затем на первый слой подаётся массив X^A (см. (1)) с наивысшим приоритетом. Нейроны, номера которых совпадают с минутами входа или выхода какого-либо поезда с первой станции, переходят в состояние «сон», соседние с помощью внутренних связей переходят в состояние «выключен». Затем с помощью связей активируются нейроны на следующем слое. Поскольку веса на данном этапе являются случайными, нейроны на следующем слое также активизируются случайным образом. Имея действительные значения времён появления поездов на этом участке из нашего обучающего набора, мы вычисляем величину ошибки и изменяем веса для её уменьшения. Такая процедура выполняется сначала для одного и того же типа поездов для всех станций от первой до последней, а затем повторяется для прочих типов поездов с уменьшением их приоритета[6].

Таким образом, в настоящем докладе представлен прототип нейронной сети квазихопфилдовского типа, с несколькими состояниями нейронов и наличием обратных связей.

Описанная нейронная сеть позволяет запоминать такие ограничения железнодорожного участка, как времена хода и межпоездные интервалы, а также воспроизводить движение поезда по нему.

Авторы видят следующие проблемы, требующие последующего решения.

- 1) Пусть дан участок железнодорожной сети, на котором проложен некоторый график движения поездов. Требуется проложить ещё одну нитку (копировать имеющуюся) либо в указанное, либо в произвольное время с соблюдением всех ограничений и критериев допустимости полученного графика.
- 2) Пусть дан участок железнодорожной сети с некоторыми ограничениями. Требуется проложить заданное число поездов указанных категорий.
- 3) Пусть дан участок железнодорожной сети, на котором проложен некоторый график движения поездов. К существующим ограничениям добавляется дополнительное: некоторый перегон между двумя станциями не может осуществлять работу поездов в некотором направлении (либо в обоих направлениях). Требуется перестроить имеющийся график движения поездов.
- 4) Построить ИНС, учитывающую, помимо описанных выше ограничений, ёмкость станции – т.е. возможность одновременно находиться на станции не более чем заданному количеству поездов.

Эти проблемы требуют выработки определенных синтетических нейросетевых архитектур и будут решены в ходе работы над проектом по созданию интеллектуальных систем управления железнодорожным транспортом.



Литература

1. Гоманков Ф.С. Технология и организация перевозок на железнодорожном транспорте: учебник для ВУЗов. – М.: Транспорт, 1994. – 208 с.
2. Бородин А.Ф., Шаров В.А. Интегрированная технология управления движением поездов по расписанию.//Железнодорожный транспорт. - №8. – 2011. – с.5-11.
3. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р., Штайн К. Алгоритмы. Построение и анализ. Издание второе. – Пер. с англ. – М., издательский дом «Вильямс», 2013. – 1296 с., ил. - ISBN 978-5-8459-0857-5 (rus).
4. Хайкин С. Нейронные сети. Полный курс, 2-е издание. Пер. с англ. – М., издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с., ил. - ISBN 5-8459-0890-6 (rus).
5. Лоскутов А.И., Назаров А.В. Нейросетевые алгоритмы прогнозирования и оптимизации систем. – СПб., НиТ, 2003. – 384 с. – ISBN 5-94387-076-8.
6. Инструкция по разработке графика движения поездов в ОАО «РЖД». Утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от 27.12.2006 №2568р.

А.Н. Имамутдинов, В.А. Ключников

ВЕБ-ОРИЕНТИРОВАННАЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДИСЛОКАЦИИ ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ И СВЕТОФОРНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ЭЛЕКТРОННОЙ КАРТЕ ГОРОДА

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

В настоящее время большая часть информации, с которой сталкивается человек в своей работе и повседневной жизни так или иначе имеет пространственную привязку. Множество различных сфер трудовой деятельности требуют решения задач, связанных с учетом и управлением территорией и объектами на ней. Эффективным инструментом для решения таких задач являются геоинформационные системы (ГИС). ГИС позволяет осуществлять наглядное отображение объектов транспортной инфраструктуры города, таких как улично-дорожная сеть, транспортный поток, дорожно-транспортные происшествия, дорожные знаки и светофорные объекты [1]. Задачи корректного отображения дислокации дорожных знаков и светофоров требуют применения современных интеллектуальных информационных технологий в совокупности с ГИС.

В связи с быстрым ростом популярности сети Интернет и развитием веб-технологий стало возможным по-новому решать задачи поиска, доставки и визуализации геоданных. Результатом симбиоза веб-технологий и ГИС стало формирование нового технологического направления работы с пространственной информацией и расширение присутствия геоинформатики в повседневной жизни человека. Появилась возможность организации и поддержки глобально-



го обмена географической информацией. В настоящее время выделяют следующие направления применения веб-ориентированных ГИС (веб-ГИС):

- справочно-информационное картографическое обслуживание;
- справочно-аналитическое картографическое обслуживание;
- визуально-картографическое представление цифровых геоданных в интересах распространения [2].

Для решения задач мониторинга, поиска, доставки и визуализации пространственных данных, связанных с такими объектами транспортной инфраструктуры, как дорожные знаки и светофоры на базе научно-производственного центра «Интеллектуальные транспортные системы» разрабатывается веб-ГИС.

Основой веб-ориентированной ГИС является трехзвенная клиент-серверная архитектура (рисунок 1). Взаимодействие пользователя с сервером веб-ГИС осуществляется через браузер. Клиентская часть представляет интерфейс пользователя с электронной картой местности, и служит для формирования запросов к серверу и получения с последующей обработкой ответа от него. Интерфейс пользователя реализован с использованием языка гипертекстовой разметки HTML. Механизм взаимодействия пользователя с электронной картой и сервером ГИС реализован на прототипно-ориентированном языке сценариев JavaScript.



Рис. 1. Архитектура веб-ГИС

Серверная часть принимает запросы на получение или обработку пространственной информации, выполняет необходимые вычисления, подготавливает ответ и отправляет его клиенту. В качестве сервера геоданных используется геоинформационная система «ITSGIS», которая предназначена для автоматизации работ, выполняющих функции учета объектов городской инфраструктуры. Взаимодействие между клиентом и сервером осуществляется по сети с использованием протокола HTTP. Сервер позволяет обрабатывать сразу несколько подключений, а при отсутствии связи с клиентом находится в режиме ожидания входящих подключений [3].

При проектировании архитектуры веб-ГИС используется паттерн «MVC» (Model-View-Controller). Этот шаблон разделяет работу системы на три отдельные функциональные роли: модель данных (model), пользовательский интер-



фейс (view) и управляющую логику (controller). Модель отвечает за управление данными, сохранение и извлечение сущностей, используемых системой. В веб-ГИС такими сущностями являются геообъекты: точки, полигоны, линии с привязанной к ним семантической информацией. Пользовательский интерфейс отображает полученные от модели объекты и информацию о них на электронной карте. Управляющая логика или контроллер связывает модель и представление. Контроллер получает запрос от клиента, анализирует его параметры и обращается к модели для выполнения операций над данными запроса. От модели поступают скомпонованные объекты, которые перенаправляются контроллером в пользовательский интерфейс. Таким образом, изменения, вносимые в один из компонентов, оказывают минимально возможное воздействие на другие компоненты. В данном паттерне модель не зависит от представления или управляющей логики, что делает возможным проектирование модели как независимого компонента.

Для отображения и работы с дорожными знаками и светофорными объектами на стороне клиента веб-ГИС размещается интерактивная электронная карта и интерфейс для взаимодействия с сервером геоданных. Логика работы клиентской части системы реализована на языке JavaScript. Такие особенности языка, как динамическая и слабая типизация, объектная ориентированность, отсутствие модификаторов доступа требуют грамотного подхода к реализации архитектуры клиентской части приложения. При неправильной организации архитектуры программного кода, могут возникнуть конфликты между интерфейсами и методами разработчиков, работающих над веб-приложением. Исключение подобных конфликтов достигается за счет разбиения клиента веб-ГИС на блоки. Удобным инструментом создания подобных конструкций на языке JavaScript является паттерн создания объектов – «Модуль». Паттерн «Модуль» осуществляет инкапсуляцию приватной информации, состояния или структуры за счет встроеного в JavaScript механизма замыкания. Этот механизм позволяет оборачивать методы и переменные в модули, предотвращая тем самым их попадание в глобальный контекст и конфликты с интерфейсами других разработчиков. Благодаря замыканию, объявленные внутри модуля переменные и функции доступны только изнутри модуля. Паттерн «Модуль» возвращает только публичную часть API, оставляя всё остальное доступным только внутри замыканий [4].

Для решения задач отображения карты, дорожных знаков и светофорных объектов, полигонов, линий, точек, информации связанной с полигонами, определения принадлежности точки полигону на стороне клиента используется библиотека OpenLayers.js. Карта города состоит из нескольких слоев, которые разделены на тайлы (небольшие изображения одинаковых размеров, которые и служат фрагментами большой карты) в соответствии с максимальным и минимальным приближением, и хранится на сервере, откуда загружается с помощью библиотеки OpenLayers. Дислокация дорожных знаков и светофоров отображается на электронной карте города в виде слоя, который накладывается поверх основного слоя с картой (рисунок 2). Дополнительную информацию по знакам



предоставляется через выбор опоры на карте. Опора хранится на сервер гео-данных в виде объекта, к которому привязаны дорожные знаки и светофоры.

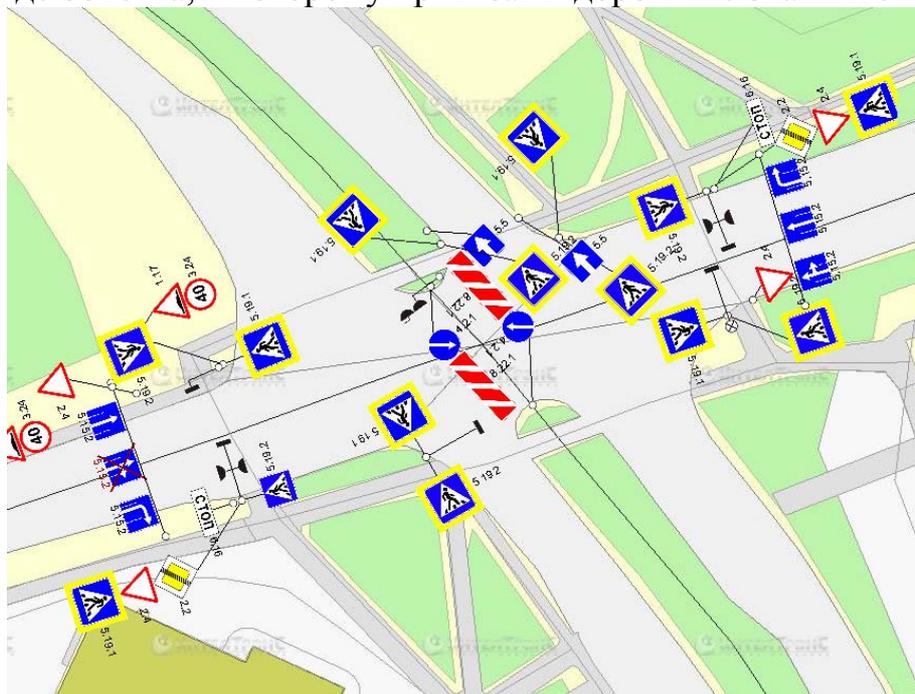


Рис. 2. Отображение слоя дорожных знаков и светофорных объектов на электронной карте города

Основная проблема веб-ГИС связана с хранением и передачей составных частей электронной карты конечному пользователю. На данный момент слои карты хранятся на сервере в виде заранее сгенерированных тайлов. Количество тайлов отдельного слоя зависит от максимального приближения карты, и может достигать нескольких тысяч. Такое количество тайлов занимает много свободного места на сервере гео-данных. В дальнейшем, для решения этой проблемы, планируется внедрить в систему протокол для обслуживания через интернет географически привязанных изображений Web Map Service (WMS), который позволит генерировать тайлы по запросу без хранения их на сервере гео-данных.

Литература

1. Михеева Т.И., Михеев С.В., Сидоров А.В. Интеллектуальная дислокация дорожных знаков на электронной карте // Мир дорог. 2013. Т. 2013. № 72. С. 44.
2. Мандругин В.В., Архипенко О.П. WEBGIS как результат интеграции геоинформационных систем и интернет технологий // ГЕО-СИБИРЬ-2011. Новосибирск: СГГА, 2011. т.Т. 1, N ч. 2.-С.С. 50-52.
3. Имамудинов А.Н. WEB-приложение поиска и визуализации пространственной информации «i-GIS» / IT & Транспорт: сб. науч. статей / под ред. Т.И. Михеевой. - Самара: Интелтранс, 2014. – 138 с.
4. Михеева Т.И., Головнин О.К., Федосеев А.А. Паттерновое проектирование интеллектуальных транспортных систем // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6; URL: www.science-education.ru/106-7967.



струменты для рисования дорог в плане, в этой системе отсутствует возможность создания таких необходимых элементов дороги, как полосы уширения.

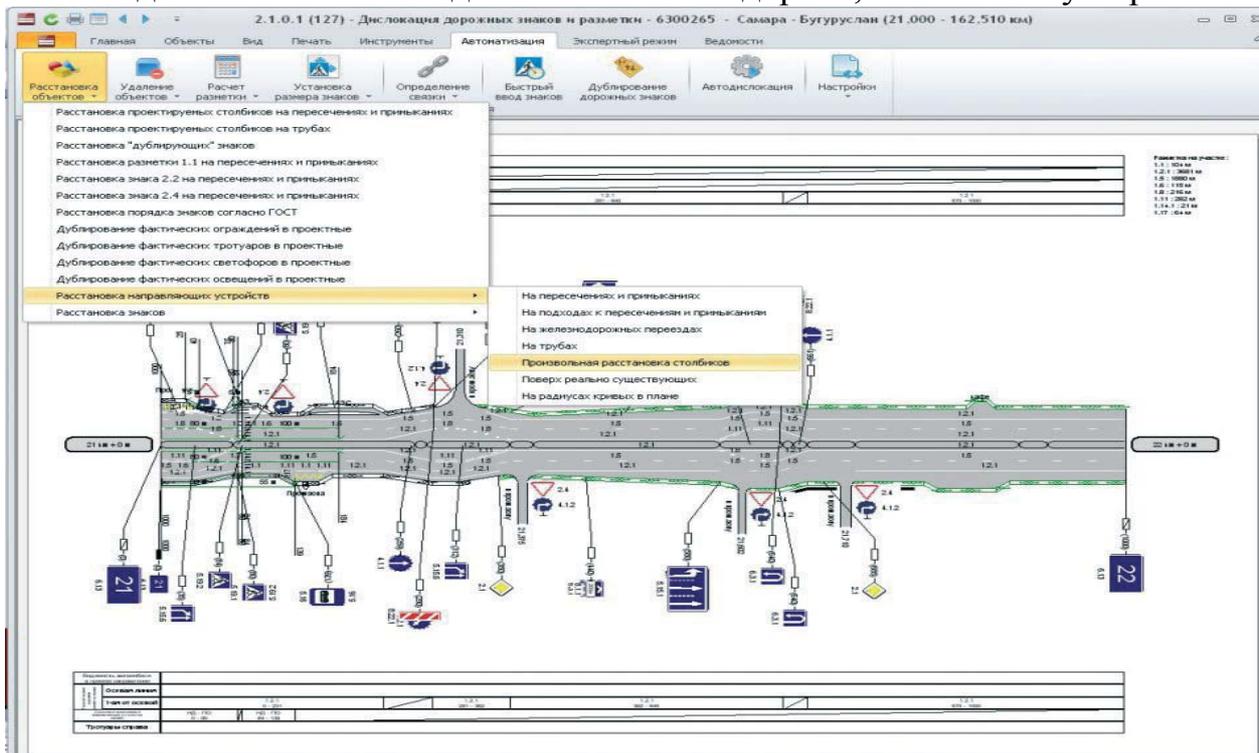


Рис. 2. Титул-2005 «Дислокация ТСОДД»

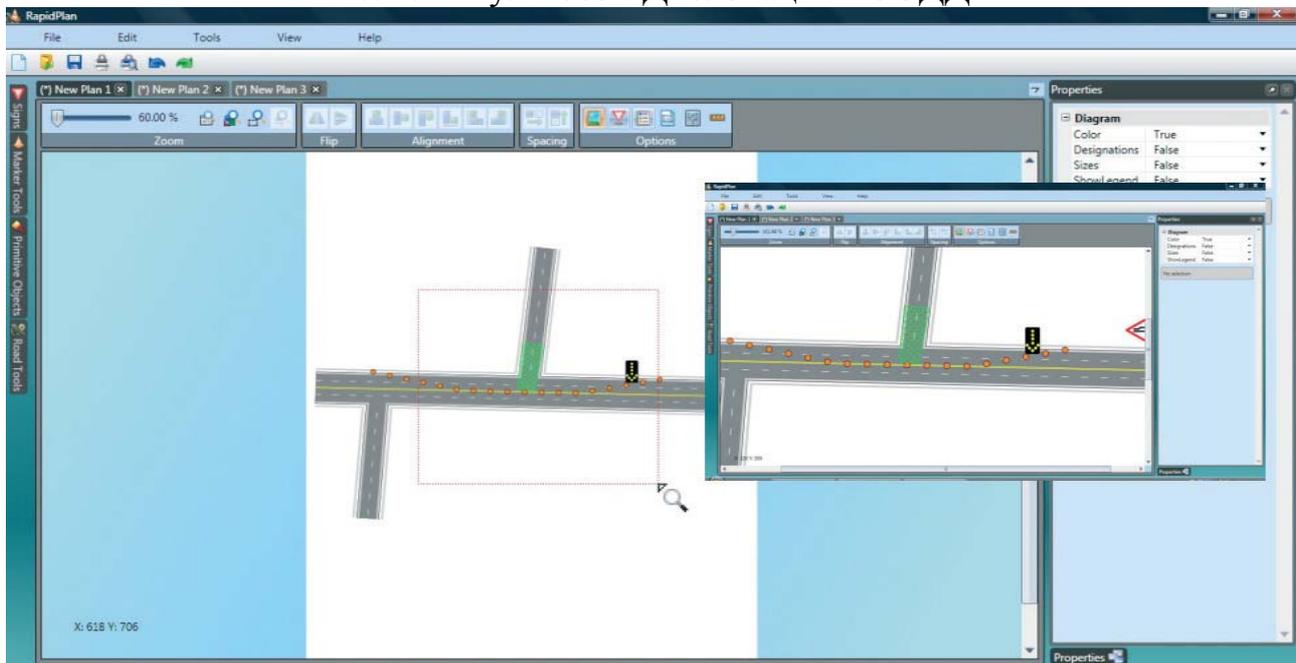


Рис. 3. Invarion RapidPlan

Она не позволяет создавать площадную разметку, светофоры и ограждения, не имеет информации о продольном профиле дороги, возможности указывать состояние объекта (является ли он фактически размещённым или проектируемым). Кроме того, в RapidPlan невозможны привязка к географическим координатам и обеспечение точности, необходимой для разработки проектов ОДД в рамках проекта строительства. CONE, помимо обладания некоторыми из



недостатков RapidPlan, неудобен тем, что выполнен в виде модуля для AutoCAD и автономно работать не может [2].

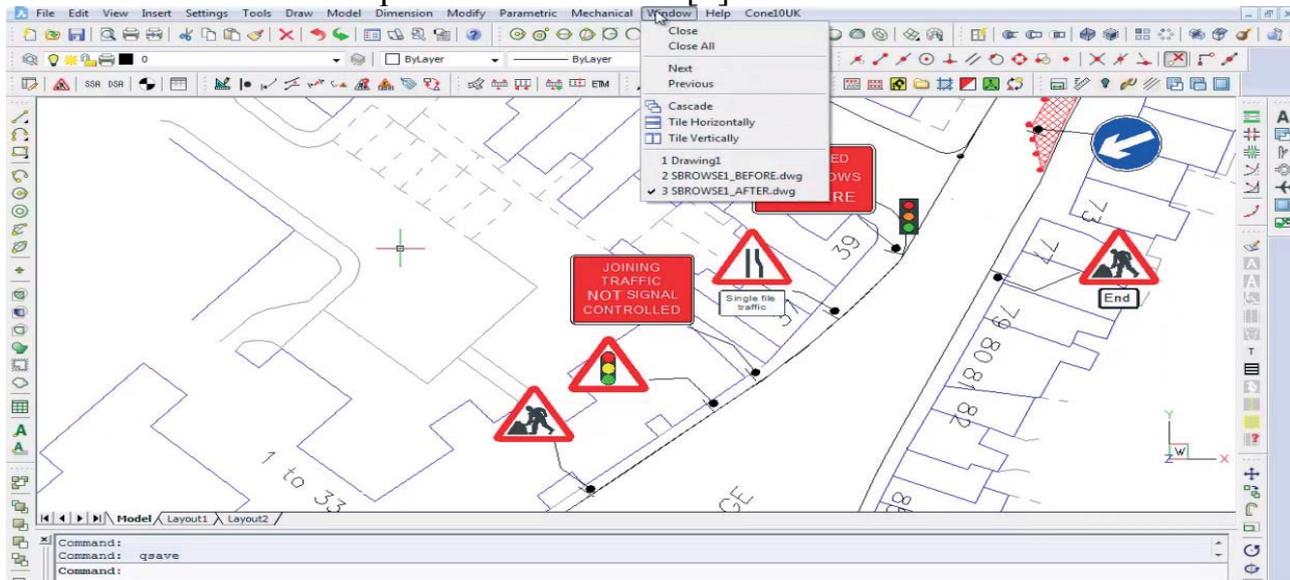


Рис. 4. ConeSoftware CONE

Тем не менее, самым важным ограничением при использовании перечисленных программ является отсутствие международных стандартов на документацию по организации дорожного движения, равно как и существенные различия в правилах и требованиях разных государств к обеспечению безопасности на дорогах. Это приводит к тому, что программные продукты, разрабатываемые на Западе, либо не подходят российскому проектировщику, либо могут использоваться только для решения ограниченного круга задач.

Процесс разработки проектов ОДД состоит из следующих этапов:

- 1) Проведение полевых работ на проектируемом участке дороги и фиксация существующих ТСОДД.
- 2) Сбор информации по интенсивности движения и аварийности на проектируемом участке.
- 3) Ввод исходных данных в программный продукт.
- 4) Разработка схемы ОДД средствами программного продукта [3].

На кафедре организации и управления перевозками на транспорте СГАУ разработана система автоматизированного проектирования (САПР) паспортов дорог WayMark, предназначенная для автоматизации дислокации ТСОДД и автоматизации учета линейных и площадных геометрических параметров проезжей части по видеоизображению [4].

В системе реализованы следующие алгоритмы обработки пространственных данных, полученных с GPS-приемника:

- алгоритм вычисления радиусов закруглений;
- алгоритм вычисления уклонов;
- алгоритм вычисления расстояния видимости [5].

Разработанные алгоритмы позволяют формировать графики расстояния видимости, радиусов закруглений, уклонов дороги. Интерфейс системы WayMark представлен на рисунке 5.



WayMark позволяет автоматизировать проектирование паспортов автодорог, автоматически формирует схемы дислокации ТСОДД в формате файла обмена изображениями DXF и ведомости размещения различных типов ТСОДД в формате MS Word. САПР WayMark обеспечивает работу с множеством объектов транспортной инфраструктуры (линии дорожной разметки, дорожные знаки, дорожные ограждения, пешеходные ограждения, направляющие устройства, светофоры, освещение, остановки общественного транспорта, тротуары). Все объекты имеют привязку к мировой геодезической системе координат *WGS 84*. Схемы ОДД формируются в соответствии с требованиями нормативных документов [6, 7]. Пример сформированной схемы ОДД представлен на рисунке 6.

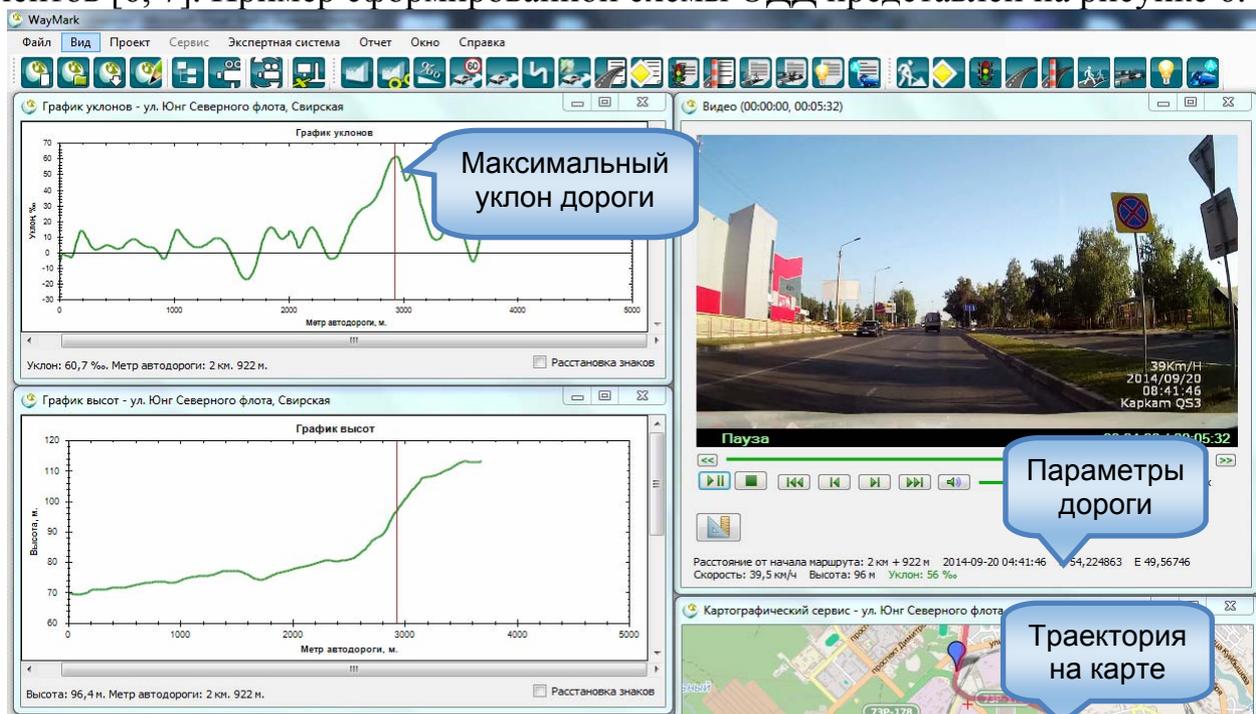


Рис. 5. Интерфейс системы WayMark

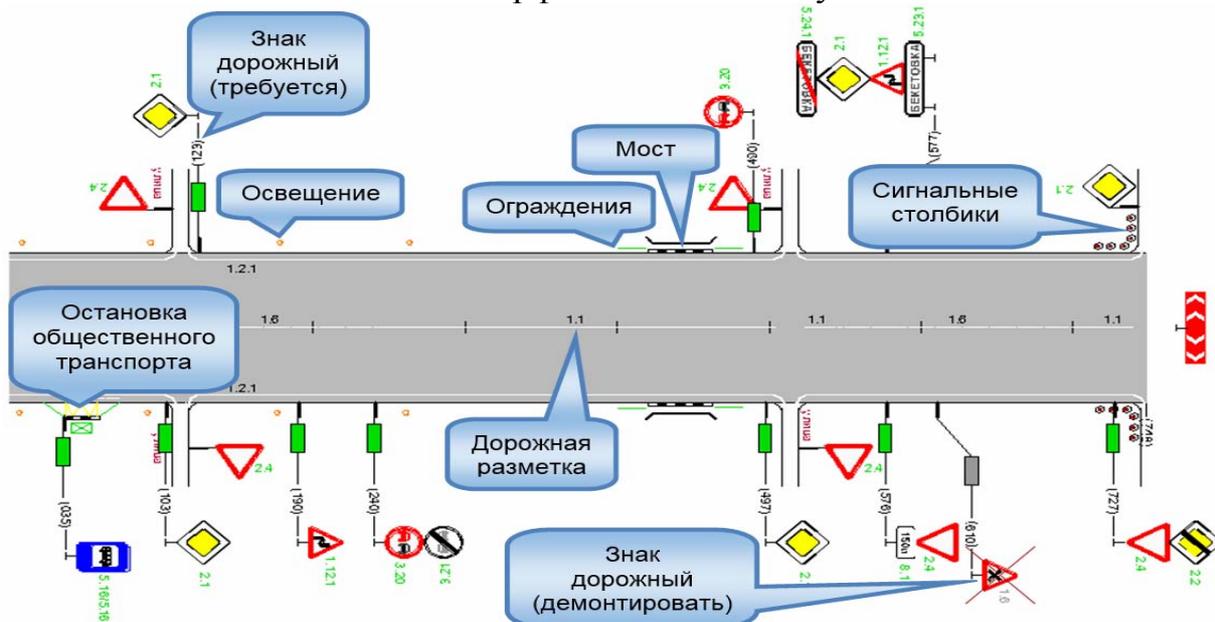


Рис. 6. Схема дислокации ТСОДД системы WayMark



САПР паспортов дорог WayMark призвана дать проектировщику возможность создавать схемы дислокации ТСОДД в соответствии с современными требованиями к подобным системам. С её помощью разработаны паспорта дорог Ульяновской области, Самарской области, Ханты-Мансийского АО-Югры. На систему и её отдельные модули получены свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

Литература

1. Сидоров А.В., Головнин О.К. Построение геоинформационной модели объектов транспортной инфраструктуры // Труды II Международной конференции «Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений» (ITIDS'2014). Уфа: Изд-во УГАТУ, 2014. С. 165-169.
2. Кривопапов А.Д., Петренко Д.А., Скворцов А.В. Разработка проектов организации дорожного движения: настоящее и будущее // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №2(3). С. 86-92.
3. Бойков В.Н. САПР автодорог – перспективы развития // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1. С. 6–9.
4. Klyuchnikov V.A., Golovnin O.K., Mikheeva T.I. Hardware and Software System of Highway Survey, Inventory and Certification // Proceedings of the 2nd International Conference «Intelligent Technologies for Information Processing and Management», Volume 1, November 10-12, Ufa, Russia, 2014, pp. 41-44.
5. Михеева Т.И., Ключников В.А., Головнин О.К. Методы и алгоритмы экспертизы объектов транспортной инфраструктуры // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. URL: <http://www.science-education.ru/120-16656>.
6. ВСН 1-83 Типовая инструкция по техническому учету и паспортизации автомобильных дорог общего пользования [Электронный ресурс]. URL: <http://vsn.ru/vsn/view/3> (дата обращения: 14.03.2015).
7. ГОСТ Р 52289-2004 Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств. Введ. 2004-15-12. М.: Издательство стандартов, 2004. 98 с.

В.Ю. Кривопапов

РЕШЕНИЕ ОТКРЫТОЙ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМИ ПУНКТАМИ

Транспортная задача с промежуточными пунктами в [2] содержит ограничения только в форме равенств, т.е. является закрытой. При выполнении условий баланса в [2] закрытая задача решается обобщённым методом потенциалов в [4]. Для открытой транспортной задачи с промежуточными пунктами, содержащей ограничения в форме неравенств, нет метода решения. Таким образом,



существует необходимость решения открытой задачи. В настоящей работе даны постановки открытой транспортной задачи с промежуточными пунктами. Сформулирована вспомогательная закрытая задача, предложен метод её решения.

1 Постановка закрытой транспортной задачи с промежуточными пунктами

В экономической транспортной системе имеются n конечных пунктов (np поставщиков продукции и $n - np$ потребителей продукции) и m промежуточных пунктов (складов). Продукция перевозится от поставщиков на склады, будем обозначать эти перевозки положительными переменными $x_{ij} \geq 0$, ($i = \overline{1, m}, j = \overline{1, np}$). А со складов часть продукции перевозится потребителям - их обозначим отрицательными переменными $x_{ij} \leq 0$, ($i = \overline{1, m}, j = \overline{np + 1, n}$). Объёмы поставок поставщиков обозначим положительными числами $b_j > 0$, ($j = \overline{1, np}$), объёмы потребностей потребителей обозначим отрицательными числами $b_j < 0$, ($j = \overline{np + 1, n}$). Если склад имеет дополнительные (внутренние) потребности продукции, то обозначим их положительными числами $a_i > 0$, ($i = \overline{1, mp}$). Если склад имеет излишки продукции или нулевые остатки, то обозначим их числами $a_i \leq 0$, ($i = \overline{mp + 1, m}$). Транспортные тарифы на перевозку единицы продукции от поставщика на склад выразим положительными числами $c_{ij} > 0$, ($i = \overline{1, m}, j = \overline{1, np}$), транспортные тарифы на перевозку со склада к потребителю выразим отрицательными числами $c_{ij} < 0$, ($i = \overline{1, m}, j = \overline{np + 1, n}$) [4, с. 24].

Тогда математическая модель закрытой задачи имеет вид:

$$L(X) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min$$

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, \forall i \in N_m \\ \sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \forall j \in N_n \\ x_{ij} \geq 0, \forall (i, j) \in N_m \times N_{np} \\ x_{inp+j} \leq 0, \forall (i, np + j) \in N_m \times N_n \end{cases} \quad (1)$$

2 Условия разрешимости

Для разрешимости задачи (1) необходимо выполнение условий баланса:

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j, \quad (2)$$

т.е. необходимо, чтобы алгебраическая сумма поставок продукции на склады и отрицательных поставок со складов (потребностей в продукции) равнялась алгебраической сумме дополнительных потребностей в продукции на складах [2, с. 37].



Если условия баланса (2) нарушены, то закрытая (с ограничениями в форме равенств) транспортная задача с промежуточными пунктами не имеет решений. При замене некоторых ограничений в форме равенств на неравенства, задача становится (называется) открытой.

3 Постановка открытых транспортных задач с промежуточными пунктами

При $\sum_{i=1}^m a_i < \sum_{j=1}^n b_j$ математическая модель открытой задачи может иметь вид:

$$L(X) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min \quad (3) \quad \text{или} \quad L(X) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min \quad (4)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, \forall i \in N_m \\ \sum_{i=1}^m x_{ij} \leq b_j, \forall j \in N_{np} \\ \sum_{i=1}^m x_{inp+j} = b_{np+j}, \forall j \in N_{n-np} \\ x_{ij} \geq 0, \forall (i, j) \in N_m \times N_{np} \\ x_{inp+j} \leq 0, \forall (i, np+j) \in N_m \times N_n \end{array} \right. \quad (3) \quad \text{или} \quad \left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, \forall i \in N_{mp} \\ \sum_{j=1}^n x_{mp+j} \geq a_{mp+i}, \forall i \in N_{m-mp} \\ \sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \forall j \in N_n \\ x_{ij} \geq 0, \forall (i, j) \in N_m \times N_{np} \\ x_{inp+j} \leq 0, \forall (i, np+j) \in N_m \times N_n \end{array} \right. \quad (4)$$

При $\sum_{i=1}^m a_i > \sum_{j=1}^n b_j$ математическая модель открытой задачи может иметь вид:

$$L(X) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min \quad (5) \quad \text{или} \quad L(X) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min \quad (6)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, \forall i \in N_m \\ \sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \forall j \in N_{np} \\ \sum_{i=1}^m x_{inp+j} \geq b_{np+j}, \forall j \in N_{n-np} \\ x_{ij} \geq 0, \forall (i, j) \in N_m \times N_{np} \\ x_{inp+j} \leq 0, \forall (i, np+j) \in N_m \times N_n \end{array} \right. \quad (5) \quad \text{или} \quad \left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n x_{ij} \leq a_i, \forall i \in N_{mp} \\ \sum_{j=1}^n x_{mp+j} = a_{mp+i}, \forall i \in N_{m-mp} \\ \sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \forall j \in N_n \\ x_{ij} \geq 0, \forall (i, j) \in N_m \times N_{np} \\ x_{inp+j} \leq 0, \forall (i, np+j) \in N_m \times N_n \end{array} \right. \quad (6)$$

4 Построение вспомогательной закрытой задачи

Математические модели задач (3)-(6) отличаются от классической открытой транспортной задачи только наличием отрицательных переменных. Поэто-



му при нарушении условий разрешимости вспомогательные закрытые задачи можно построить по аналогии [1, с.11].

Для построения вспомогательной эквивалентной закрытой задачи для задач (3) и (5) введём фиктивный промежуточный пункт A_{m+1} , с дополнительной потребностью

$$a_{m+1} = \sum_{j=1}^n b_j - \sum_{i=1}^m a_i. \quad (7)$$

При этом если $a_{m+1} > 0$, то это дополнительная потребность в продукции на складе, а если $a_{m+1} < 0$, то это избыток продукции на складе.

Введём новые переменные для задач (3) и (5):

$x_{m+1j} \geq 0$ – положительная перевозка – объём перевозок продукции от поставщика B_j на фиктивный склад A_{m+1} ,

$x_{m+1np+j} \leq 0$ – отрицательная перевозка – объём (выраженный отрицательным числом) перевозок продукции с фиктивного склада A_{m+1} к потребителю B_{np+j} .

Для построения вспомогательной эквивалентной закрытой задачи для задач (4) и (6) введём фиктивный конечный пункт B_{n+1} , с объёмом перевозок

$$b_{n+1} = \sum_{i=1}^m a_i - \sum_{j=1}^n b_j. \quad (8)$$

При этом если $b_{n+1} > 0$, то положительный объём является объёмом поставок, а фиктивный пункт поставщиком, а если $b_{n+1} < 0$, то отрицательный объём является потребностью, а фиктивный пункт потребителем.

Введём новые переменные для задачи (4):

$x_{in+1} \leq 0$ – отрицательная перевозка – объём (выраженный отрицательным числом) перевозок продукции со склада A_i к фиктивному потребителю B_{n+1} .

Введём новые переменные для задачи (6):

$x_{in+1} \geq 0$ – положительная перевозка – объём перевозок продукции от фиктивного поставщика B_{n+1} на склад A_i .

Пусть M – это достаточно большое положительное число.

Для открытой задачи (3) при $a_{m+1} > 0$ введём обозначения:

$$\begin{cases} c_{m+1,j} = 0, j \in N_{np} \\ c_{m+1,np+j} = -M, j \in N_{n-np} \end{cases}. \quad (9)$$

Для открытой задачи (4) при $b_{n+1} < 0$ введём обозначения:

$$\begin{cases} c_{i,n+1} = -M, i \in N_{mp} \\ c_{mp+i,n+1} = 0, i \in N_{m-mp} \end{cases}. \quad (10)$$

Для открытой задачи (5) при $a_{m+1} < 0$ введём обозначения:

$$\begin{cases} c_{m+1,j} = M, j \in N_{np} \\ c_{m+1,np+j} = 0, j \in N_{n-np} \end{cases}. \quad (11)$$



Для открытой задачи (6) при $b_{n+1} > 0$ введём обозначения:

$$\begin{cases} c_{i,n+1} = 0, i \in N_{mp} \\ c_{mp+i,n+1} = M, i \in N_{m-mp} \end{cases} \quad (12)$$

Тогда математическая модель вспомогательной задачи для задач (3) и (5) имеет вид:

$$L^*(X) = \sum_{i=1}^{m+1} \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min$$

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, \forall i \in N_{m+1} \\ \sum_{i=1}^{m+1} x_{ij} = b_j, \forall j \in N_n \\ x_{ij} \geq 0, \forall (i, j) \in N_{m+1} \times N_{np} \\ x_{inp+j} \leq 0, \forall (i, np+j) \in N_{m+1} \times N_n \end{cases} \quad (13)$$

Математическая модель вспомогательной задачи для задачи (4) имеет вид:

$$L^*(X) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n+1} c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min$$

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^{n+1} x_{ij} = a_i, \forall i \in N_m \\ \sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \forall j \in N_{n+1} \\ x_{ij} \geq 0, \forall (i, j) \in N_m \times N_{np} \\ x_{inp+j} \leq 0, \forall (i, np+j) \in N_m \times N_{n+1} \end{cases} \quad (14)$$

Математическая модель вспомогательной задачи для задачи (6) имеет вид:

$$L^*(X) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n+1} c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min$$

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^{n+1} x_{ij} = a_i, \forall i \in N_m \\ \sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \forall j \in N_{n+1} \\ x_{ij} \geq 0, \forall (i, j) \in N_m \times (N_{np} \cup \{n+1\}) \\ x_{inp+j} \leq 0, \forall (i, np+j) \in N_m \times N_n \end{cases} \quad (15)$$

5 Решение вспомогательной закрытой задачи

Так как для вспомогательной закрытой задачи выполняются (по построению) условия баланса, то эта задача решается с помощью разработанных ранее



алгоритмов для решения ТЗПП. Для определения начального решения задачи используется метод северо-западного угла из [3, с.370]. Для решения задачи применяется метод потенциалов из [4, с.36].

Очевидно, что оптимальное решение вспомогательной закрытой задачи совпадает с оптимальным решением соответствующей открытой задачи, т.к. M -множители и метод потенциалов приводят к нулевым соответствующим перевозкам в оптимальном решении. В оптимальном решении вспомогательной задачи все перевозки через реальные конечные и промежуточные пункты являются оптимальным решением открытой задачи. При этом перевозки, связанные с фиктивным пунктом, являются остатками не перевезённой продукции или неудовлетворёнными потребностями.

Таким образом, получен метод решения открытой транспортной задачи с промежуточными пунктами вида (3)-(6). При изменении вида открытых транспортных задач или при наличии дополнительной информации (например, штрафы за остатки или неудовлетворенные потребности, дополнительные затраты на хранение остатков, упущенная выгода) возможно дальнейшее совершенствование методики решения открытых транспортных задач с промежуточными пунктами.

Все используемые для решения ТЗПП алгоритмы имеют программную реализацию TRANSIT. С помощью комплекса программ TRANSIT, разработанного автором данной статьи, можно за приемлемое время практически решать закрытые и открытые ТЗПП большой размерности ($m > 1000$, $n > 2000$, $mn > 2000000$).

Литература

1. Гольштейн Е. Г., Юдин Д. Б. Задачи линейного программирования транспортного типа. М., 1969. – 383 с.
2. Krivopalov V. Y., Krivopalov Y. A. The potential method for solving the transportation problem with transit points. New Magenta Papers. Magenta Technology, 2013. – Vol.2 – P.31–38.
3. Кривоपालов В. Ю., Метод северо-западного угла для нахождения допустимого решения транспортной задачи с промежуточными пунктами. Сборник конференции ПИТ-2014, стр. 369-372.
4. Кривоपालов В. Ю., Обобщённый метод потенциалов для решения транспортной задачи с промежуточными пунктами. Сборник X конференции «Наука. Творчество» 2014, том I, стр. 23-29.



Ле Суан Хонг

РАСЧЕТ РАСХОДОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ МЕТРОПОЛИТЕНА С РАЗЛИЧНЫМИ СИСТЕМАМИ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ «MATHCAD»

(Национальный исследовательский университет
«Московский энергетический институт»)

В Москве метрополитен был открыт уже 15 мая 1935, а сегодня его доля в перевозке пассажиров среди предприятий городского пассажирского транспорта столицы превышает 56%. По сведениям официального сайта Мосметрополитена [1] «его услугами с средним ежедневно пользуются более 7 млн. пассажиров, а в будние дни этот показатель превышает 9 млн. пассажиров. Это наивысший показатель в мире». В этом же сайте утверждается, что сегодня «по интенсивности движения, наёжности и объёмам перевозок Московский метрополитен стабильно занимает первое место в мире. Он в первой тройке метрополитенов мира практически по всем другим показателям.»

Метрополитен становятся крупными потребителями электроэнергии, например, по известным данным в 2007 г. длина линий Мосметрополитена составляла около 305 км, а потребление энергии из внешнего электроснабжения около 1,6 млрд. кВт.ч в год.

При этом “удельное” потребление электроэнергии составляло 5,246 млн. кВт. ч./км линий и в случае сохранения существующих условий эксплуатации, включая и энергетические показатели метрпоездов, приращение потребления или электроэнергии у внешнего электроснабжения при росте длины линий до 467 км (плановая цифра), т.е. на 162 км., составит $162 \times 5,246$ около 850 млн. кВт.ч, а общее потребление энергии в контрольно – 2020 г. достигнет 2,5 млрд. кВт. ч. Эта же цифра, естественно, получится умножением удельного потребления энергии на 1 км пути и его плановой длины ($467 \times 5,246 = 2,447$ млрд. кВт. ч.). При цене электроэнергии около 3 руб./кВт.ч затраты Мосметрополитена на оплату потребляемой на тягу электроэнергии составят около 8 млрд. руб.

Таким образом, по известным данным можно прогнозировать, что потребление энергии одним вагоном в год составит около 2,5 млн. кВт.ч стоимостью около 7,5 млн. руб.

В связи с этим чрезвычайно актуальна проблема снижения удельного потребления метрополитенами электроэнергии на единицу транспортной работы.

Основным резервом сокращения общего потребления энергии метрополитенов является улучшение энергетических показателей электроподвижного состава (ЭПС), так как около 75% энергии расходуется на тягу поездов, примерно 20-22% на собственные нужды трассы и 3-5% на ремонтную базу. Следующими по значимости являются расходы на собственные нужды трассы: освещение, отопление, санитарно-технические установки и эскалаторы. Однако потребление на собственные нужды существенно зависит от энергетических



показателей ЭПС. В частности, сантехнические установки расходуют около 40% энергии на собственные нужды трассы, причем значительную долю составляет потребление энергии вентиляторами туннелей. Последнее прямо зависит от тепловыделения в туннелях, основная часть которого определяется потерями энергии в ЭПС. Таким образом, улучшение энергетических показателей вагонов метрополитена (ВМ) позволяет как непосредственно сократить удельный расход энергии метрополитенами, так и уменьшить ее потребление, чему способствует снижение интенсивности вентиляции туннелей.

Одним из технических решений указанной проблемы является совершенствование систем тягового электропривода (ТЭП) с наилучшими показателями.. Основными показателями, определяющими технико-экономическую эффективность (ТЭЭ) систем ТЭП электропоездов метрополитена (ЭПМ) являются их стоимость и расход ими электроэнергии на выполнение одной и той же работы. Дополнительными показателями являются динамика ЭПМ, их надёжность и расходы на обслуживание в эксплуатации. Сегодня приоритетной задачей является оценка энергетической эффективности альтернативных систем ТЭП.

В связи с развитием полупроводниковой преобразовательной техники появилось много возможностей совершенствования ТЭП [2]. Среди них: использование на ЭПС с традиционными тяговыми машинами (ТМ) при электропитании постоянным током импульсного управления и при электроснабжении переменным током - плавного регулирования напряжения питания ТМ и рекуперативного торможения и на обоих типах ЭПС с коллекторными тяговыми машинами (КТМ) независимого возбуждения (НВ), а также - применение бесколлекторных ТМ - асинхронных, вентильных (ВТМ) и индукторных (ИТМ). К выбору рациональных систем ТЭП вагонов метрополитена необходимо сопоставление их ТЭЭ. Для решения этой задачи проводим расчет расходов энергии их ТЭП.

В [3] показано, что с помощью программы, разработанной в среде МАТНСАД с использованием элементов программирования и исходных данных (электромеханические характеристики на валу заданного двигателя; нагрузочные характеристики; кривые механических потерь...) мы получили основные результаты расчетов:

- Пуско-тормозная диаграмма;
- Ограничение пуско-тормозной силы;
- Кривые движения (разгон, выбег, тормоз) для заданных условий;

Расходы электроэнергии метрополитена с различными системами ТЭП (таб. 1) благодаря вышним сведениям и по формуле:

$$A = \frac{1}{\eta_{тс} \eta_{п/ст}} \left\{ \frac{U_{кс}}{3600} \left[\left(\sum I_{п.ср} \Delta t \right)_{тяг} - \left(\sum I_{п.ср} \Delta t \right)_{рек} \right] + \frac{P_{сн}}{3600} (T_{пер} + T_{ост}) \right\}$$

где: $\eta_{тс} = 0,93$ - средний КПД тяговой сети;

$\eta_{п/ст} = 0,95$ - средний КПД тяговой подстанции;



$P_{сн} = 3$ кВт – мощность нагрузки собственных нужд;

$T_{пер}$ – время движения поезда по перегону;

$T_{ост} = 20$ с – время остановки для метрополитена;

$U_{кв} = 750$ В - среднее напряжение в контактной сети.

Таб. 1. Расходы электроэнергии метрополитена с различными системами ТЭП

| № п/п | Система привода | Расход энергии на тягу, Вт*ч | Расход энергии на возбуждение, Вт*ч | Отдача энергии при торможении, Вт*ч | Суммарный удельный расход энергии, Вт*ч/т*км |
|-------|---|------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|
| 1. | С асинхронным тяговым приводом мощностью 170 кВт. | 32980 | 0 | 5390 | 36.575 |
| 2 | С асинхронным тяговым приводом мощностью 110 кВт | 28880 | 0 | 5501 | 31.024 |
| 3. | Постоянного тока последовательного возбуждения мощностью 110 кВт. | 29600 | 0 | 0 | 39.176 |
| 4. | Постоянного тока независимого возбуждения мощностью 110 кВт. | 28300 | 3.385 | 2532 | 34.104 |

Сопоставление тягово-энергетических расчетов показывает, что наиболее экономичным вариантом с наименьшим удельным расходом энергии является вариант с асинхронным тяговым приводом при мощности двигателя 110 кВт. Несколько уступает ему вариант 4 с приводом постоянного тока независимого возбуждения, который в свою очередь имеет лучшие энергетические показатели по сравнению с вариантом 3 привода постоянного тока последовательного возбуждения.

Во всех трех выше перечисленных случаях имеет место примерно одинаковый расход энергии в режиме тяги, и отличие итогового расхода энергии заключается в существенном возврате энергии при рекуперативном торможении. В случае варианта 3 рекуперативное торможение полностью отсутствует, поэтому в этом случае имеет место наибольший расход энергии. В случае варианта 4 применяется рекуперативное торможение до скорости 17 км/ч, что приво-



дит к снижению расхода энергии. В случае варианта 2 рекуперативное торможение осуществляется практически до полной остановки, поэтому расход энергии минимален.

На реальном метрополитене «Русич» применяются тяговые асинхронные двигатели мощностью 170 кВт, то есть больше чем на серийных электропоездах с приводом постоянного тока, поэтому в этом случае расход энергии на тягу будет существенно больше, чем при использовании двигателей мощностью 110 кВт. Возврат энергии при рекуперативном торможении примерно одинаков. Поэтому в случае варианта 1 имеет место наибольший расход энергии.

В целом проведенный анализ показывает, что наиболее энергетически эффективным является использование на электропоездах метрополитена с АТМ. При использовании же тягового привода постоянного тока желательно применять независимое возбуждение тяговых машин.

Вывод: Объективные данные показывают, что при реализации на ЭМП с тяговыми машинами постоянного тока (ТМ ПТ) простых и проверенных на опытных образцах технических решений по совершенствованию их ТЭП [4] они не будут уступать поездам с АТМ ни по одному показателю. При цене ориентировочно вдвое меньшей [5] они будут существенно эффективнее. Важнейшим их преимуществом является возможность использования полученных результатов при модернизации эксплуатируемых ЭПМ, значительная часть которых ещё не отработала расчётного срока. Поэтому использование ТЭП с ТМ ПТ перспективно.

Литературы

1. Интернет – ресурс. Официальный сайт Мосметрополитена <http://www.mosmetro.ru/about/information/>
2. Пименова А.А. Оценка технико-энергетической эффективности альтернативных систем тягового электропривода / А.А. Пименова, В.Д. Тулупов // Тезисы докладов. Четырнадцатая международная научно-техническая конференция студентов и аспирантов. – Москва, 2008. - С. 195-197.
3. Ле С.Х. Оценка технико-энергетической эффективности альтернативных систем тягового электропривода / С.Х. Ле // Тезисы докладов. Перспективные информационные технологии (ПИТ 2014): труды Международной научно-технической конференции / под ред. С.А. Прохорова. - Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2014. - С. 521-525.
4. Тулупов В.Д.. Тяговый электропривод постоянного тока с наилучшими технико-экономическими показателями / В.Д. Тулупов // Сборник "Электросила", выпуск 41. Г. Санкт-Петербург, 2002. - С. 196-210.
5. Ле Суан Хонг. Оценка экономической эффективности альтернативных систем тягового электропривода поездов Московского метрополитена / Суан Хонг Ле, В.Д. Тулупов // Экономические аспекты логистики и качества работы железнодорожного транспорта: Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием, г. Омск, 2013. - С. 8-12.



А.В. Мацкович, И.Г. Богданова, А.Н. Имамутдинов

СИСТЕМА РАЗМЕЩЕНИЯ ОСТАНОВОК И МАРШРУТОВ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Остановки общественного транспорта являются важными объектами, которые необходимо учитывать при построении геоинформационной модели объектов транспортной инфраструктуры [1]. Они могут иметь специальные «карманы» для остановки транспорта, переходно-скоростные полосы и другие элементы, влияющие на организацию дорожного движения [2]. Разработана автоматизированная система, позволяющая вести учет остановок и маршрутов общественного транспорта на электронной карте города, осуществлять поиск способов проезда между остановками.

Подобные функции реализованы в таких электронных картах, как Google maps, Яндекс карты и 2GIS, однако, они ориентированы на пользователей, круг задач которых не связан с организацией дорожного движения. Поэтому основной задачей, решаемой данными системами является поиск проезда по городу из одной точки в другую. Следовательно, в указанных системах отсутствует необходимая глубина анализа предметной области. Таким образом, разработка системы размещения остановок и маршрутов общественного транспорта является важной и актуальной задачей.

В качестве системы управления базами данных используется PostgreSQL. PostgreSQL является свободной объектно-реляционной системой управления базами данных (БД), созданной сообществом энтузиастов PostgreSQL. К основным плюсам этой системы относятся бесплатность, открытость исходного кода, высочайшая гибкость и способность к изменениям и тонкой настройке. Поверх СУБД PostgreSQL установлено программное обеспечение PostGIS, добавляющее поддержку географических объектов в реляционную структуру базы данных. PostGIS разработан в соответствии со спецификацией Simple Features для SQL от Open Geospatial Consortium (OGC). Это дополнение бесплатно и имеет открытый исходный код.

Объектно-реляционное отображение данных (ORM) осуществляется посредством технологии NHibernate, реализованной в виде библиотеки (дополнения) для среды разработки MS Visual Studio. NHibernate является бесплатным свободным решением, перенесенным с Java на .Net. NHibernate позволяет отображать объекты бизнес-логики на реляционную базу данных. По заданному XML-описанию сущностей и связей NHibernate автоматически создает SQL-запросы для загрузки и сохранения объектов, тем самым значительно упрощая и ускоряя процесс работы с базами данных и процесс разработки в целом [3].



В разработанной системе для хранения информации об остановках и маршрутах используются базы данных. Логическая структура базы данных представлена в виде ER-модели [4].

Для начала работы в программе пользователю необходимо установить дополнительно программное обеспечение – .Net Framework версии 4.0 и выше – без которого запуск и дальнейшая работа системы невозможна. Кроме того, требуется наличие широкополосного соединения с сетью Интернет на скорости от 128 кб/сек. Это требуется для скачивания карт и другой информации с сервера. После скачивания и установки плагина пользователю необходимо запустить ITSGIS и в главном меню выбрать пункт «Менеджер Слоев». Появится окно менеджера слоев. Пользователю следует удостовериться, что слой «Остановки» выбран (флаг на против соответствующего слоя стоит) и нажать Кнопку «ОК». После закрытия формы карта начнет обновляться и на ней появятся пиктограммы остановок.

Система предоставляет набор инструментов, которые могут быть использованы для работы с остановками и маршрутами общественного транспорта на электронной карте города. Для добавления остановки необходимо сначала выбрать необходимый инструмент, а затем добавить остановку на карту, кликнув по желаемому месту установки. Система проверяет, чтобы остановка находилась рядом с дорогой, и выдаёт уведомление о невозможности размещения, если расстояние до дороги слишком велико. После выбора места на экране появляется окно с параметрами остановки, в котором можно указать название остановки, организацию, отвечающую за территорию остановки, транспорт каких маршрутов здесь останавливается и элементы благоустройства, имеющиеся на остановке. После подтверждения ввода данных и их проверки системой информация об остановке заносится в базу данных, а на карте размещается пиктограмма остановки, соответствующая типу останавливающегося транспорта. Внешний вид формы добавления остановки показан на рисунке 1.

В дальнейшем возможно удаление, поворот, перемещение остановки или редактирование информации об остановке, с помощью пиктограммы на электронной карте. Для добавления маршрута необходимо выбрать соответствующий инструмент, после чего на экране появится окно добавления маршрута. В этом окне необходимо ввести тип транспорта и номер маршрута, а также перейти к добавлению расписания или к размещению маршрута на карте.

В процессе размещения маршрута на карте пользователь должен выделить все участки дороги и остановки, принадлежащие маршруту. Пример редактирования маршрута на карте показан на рисунке 2. После чего пользователь должен будет указать конечные остановки маршрута.



| Тип транспорта | Номер маршрута |
|----------------|----------------|
| Автобус | 1 |
| * | |

Рис. 1. Форма добавления остановки

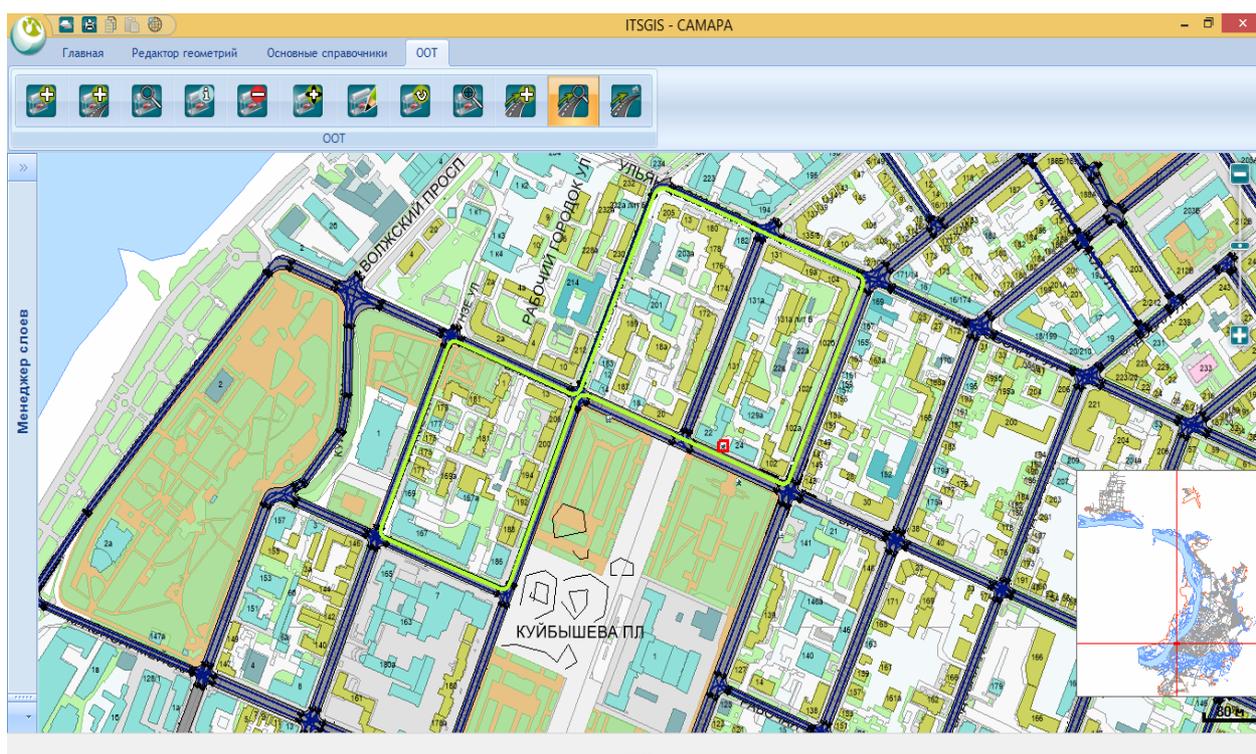


Рис. 2. Форма добавления маршрута

После размещения маршрута на карте программа анализирует добавленный маршрут на корректность, используя следующие алгоритмы:

- алгоритм нахождения несвязанных участков маршрута;
- алгоритм проверки корректности добавления конечных остановок;



- алгоритм проверки доступности маршрута от начальной остановки до конечной.

Если алгоритм имеет несвязанные участки, то программа выдаст предупреждение и покажет на карте один из участков. Алгоритм проверки корректности добавления конечных остановок попытается заполнить всю недостающую информацию самостоятельно, и в случае, если это невозможно, выдаст пользователю предупреждение. Алгоритм проверки доступности маршрута от начальной остановки к конечной действует аналогично алгоритму нахождения несвязанных участков, выдает предупреждение и показывает участок маршрута, который является некорректным.

Некорректные маршруты могут быть сохранены, однако они будут помечены как некорректные и не будут учитываться при поиске пути между двумя остановками. При поиске маршрутов будут выведены как корректные, так и некорректные маршруты, вместе с информацией об их корректности. Пользователь может просмотреть список маршрутов, выбрать маршрут для редактирования и перейти к его редактированию.

Литература

1. Сидоров А.В., Головнин О.К. Построение геоинформационной модели объектов транспортной инфраструктуры // Труды II Международной конференции «Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений» (ITIDS'2014). Уфа: Изд-во УГАТУ, 2014. С. 165-169.
2. Михеева Т.И. Построение математических моделей объектов улично-дорожной сети города с использованием геоинформационных технологий // Информационные технологии. – 2006. – №1. – С. 69-75.
3. NHibernate - Relational Persistence for Idiomatic .NET [Электронный ресурс]. –URL: <http://nhibernate.info/doc/nh/en/index>. (дата обращения: 25.03.2015).
4. Chapter 3: Entity-Relationship Modelling [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.databasedesign.co.uk/bookdatabasesafirstcourse/chap3/chap3.htm> (дата обращения: 25.03.2015).

Л.С. Мусина

ПОДХОДЫ К ПРЕПОДАВАНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ТРАНСПОРТЕ»

(Уфимский государственный авиационный технический университет)

В данном докладе рассматриваются следующие вопросы:

- 1) Анализ рынка транспортных предприятий г.Уфы и их запросы по поводу того, какими программными продуктами должен обладать студент-выпускник специальности «Технологии транспортных процессов» (ТТП).
- 2) Опыт проведения лабораторных работ для 2 курса групп ТТП.



3) Специфика профилей обучения «Транспортная логистика» и «Безопасность дорожного движения».

4) Возможные подходы к преподаванию «Информационных технологий на транспорте» исходя из запросов студентов 4-5 курсов, а также опыта других вузов.

В большинстве случаев преподавание дисциплины «Информационные технологии на транспорте» базируется на общих понятиях об информационных технологиях с привлечением примеров из области транспорта. Однако, с ростом количества выпускников специальности ТТП активизировались предприятия-работодатели у которых появились свои специфические требования к студентам по владению современными программными продуктами.

Проведя мониторинг запросов предприятий можно было выделить несколько групп ПО, которое было желательной строчкой в резюме, ведь таким образом на работу приходил готовый специалист, не требующий дополнительных вложений на обучение.

Каким ПО должен владеть студент ТТП по мнению работодателей г.Уфы:

- MS Office в полном варианте, специально указывались: Visio Project, InfoPath, Access, OneNote;
- 1С: Предприятие, связано с тем, что большинство работают в данной системе и если брать выпускника на работу, связанную со складами или закупками, без этих знаний не обойтись;
- САД-системы: AutoCAD, Компас, SolidWorks – умение читать чертежи и править их;
- умение разбираться в картах (н-р, MapInfo);
- программы моделирования: PTV, Citilabs Cube, Emme.

В последний раз в лабораторный практикум входило следующее: изучение Word и Excel под транспортные и бизнес-задачи, такие как: оптимизация бюджета/маршрута, создание рассылок и умение пользоваться стилями; затем мы перешли к стадии планирования, умения работать над проектом, реализовав бизнес-план в ProjectExpert; в завершении изучили 1С:Предприятие, где студенты познакомились с работой в этой системе, создав свою базу, осуществив заказ-наряд на сделку, загрузив товары на склад.

В целом курс лабораторных работ получился насыщенным, познавательным и практичным. Однако, в нем не хватало транспорта.

Читая лекции по «Взаимодействию видов транспорта» и общаясь со старшекурсниками, выяснилось, что у студентов есть огромное желание постигнуть имитационное моделирование в своей области. Некоторые самостоятельно изучают системы в рамках своей ВКР.

Проанализировав PTV, Citilabs Cube, Emme выбрали первый инструмент. Со следующего семестра планируется его внедрение в лабораторный практикум следующим образом:

- 1) Excel – основы решения транспортных задач.
- 2) Используя САД-систему учимся накладывать транспортную сетку на растровое изображение карты.



- 3) Обучение РТВ по туториалам;
- 4) Выбор исследуемого участка, натурные исследования с видеокамерой, расчет необходимых входных данных для РТВ.
- 5) Проводим имитационное моделирование в РТВ, даем рекомендации по транспортному узлу.
- 6) Бонус: 1С: Предприятие и ProjectExpert. Закрываем вопросы по складам и товарообороту.

Из-за нехватки информации о существующих программных продуктах, а также опыта проведения занятий по данной дисциплине в других вузах есть смысл обсудить данную тематику и выработать общее видение.

А.А. Осьмушин, О.К. Головнин, Д.А. Михайлов

МОДЕЛЬ ХРАНЕНИЯ ИНЦИДЕНТОВ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Интеллектуальные транспортные системы (ИТС) – термин, определяющий совокупность интегрированных информационных и управляющих систем, решающих задачи организации дорожного движения (ОДД). Функционирование транспортной сети – сложный динамический процесс, характеризующийся участием большого количества разнородных объектов. В связи с этим возникают нештатные изменения (инциденты), вызванные влиянием непредусмотренных при нормальной работе транспортной сети изменений. Примерами инцидентов служат дорожно-транспортные происшествия (ДТП), посторонние объекты на проезжей части и т.д. Комплексная задача восстановления улично-дорожной сети (УДС) от нештатных изменений для своего решения требует обработки большого количества разнородных данных. К таким данным относятся тип нештатного изменения, время его появления, реальное и ожидаемое время устранения, пространственные и адресные характеристики, параметры транспортных потоков, на которые оказывает влияние нештатное изменение и др.

Представление данных об инцидентах в виде модели «сущность-связь» (ER) [1] позволяет хранить информацию о сущностях предметной области и связях между ними, а также способствует быстрому синтезу физической модели базы данных для любой распространённой СУБД. В данной работе используется нотация IDEF1X.

Создание программных средств решения задачи восстановления УДС при возникновении инцидентов требует создания информационного пространства, объединяющего в себе совокупность необходимых данных. Имеющаяся в геоинформационной системе (ГИС) «ITSGIS» модель данных, является базой для синтеза такого информационного пространства.

Система «ITSGIS» является модульной системой, каждый модуль кото-



рой предназначен для решения конкретной задачи в сфере ИТС. Хранение пространственных и семантических данных в «ITSGIS» осуществляется в виде цифровой карты с адресным планом и множества объектов. Объекты представлены в виде геометрий, имеющих координаты и, в случае необходимости, привязку к адресу.

Типы геометрий, применяемые в системе: точка, линия, полигон [2].

Семантические данные каждого вида объектов индивидуальны. Так, для светофоров это: тип светофора, программа работы, год установки и т.д. Для дуг улично-дорожной сети – длина, количество полос движения и т.д.

Каждому классу объектов в системе соответствует слой карты. Разбиение на слои позволяет подгружать только необходимые для решения конкретной задачи данные, что способствует экономии процессорного времени, оперативной памяти и минимизации интернет-трафика в случае работы с удалённым сервером баз данных.

Связь объектов с записями в таблице «Адрес» позволяет создать адресный план населённого пункта. Объект из любого слоя в системе может иметь адрес с необходимой точностью – до области, города, района, улицы, строения и т.д. Таблица базы данных «Адрес» приведена на рисунке 1.

Адрес

| |
|----------------------------|
| id адреса |
| Тип адреса |
| Количество ссылок на адрес |
| Офис/другое |
| Километр на шоссе |
| РайонУлицаСтроение |
| УлицаСтроение |
| id автодороги (FK) |
| id ориентира (FK) |
| id подрайона (FK) |
| id перекрестка (FK) |
| id улицы (FK) |
| id строения (FK) |
| id района (FK) |
| id населенного пункта (FK) |
| id области (FK) |
| id группы районов (FK) |
| id участка шоссе (FK) |

Рис. 1. Сущность базы данных «Адрес»

«Тип адреса» указывает, насколько точным будет адрес. Для адресации объектов, находящихся вне населённых пунктов; значительно отстоящих от нумерованных строений; относящихся к автодорогам, не являющихся улицами, вводятся поля «Километр на шоссе», «id участка шоссе», «id ориентира», «id автодороги». Поле «Офис/другое» позволяет хранить расширенные адреса организаций [3]. «Адрес» является независимой сущностью модели данных и связан с другими сущностями связью «один ко многим». Поле «Количество ссылок на адрес» показывает, сколько объектов ссылается на одну запись в табли-



це. Поле «id перекрёстка» предназначено для адресации объектов, расположенных на перекрёстках, например, дорожных знаков, светофоров и т.п. Поле «id подрайона» применяется при наличии в одном районе населённого пункта нескольких географических образований (микрорайонов и т.п.) с одинаковыми улицами. Поле «id группы районов» используется для адресации объектов, расположенных в нескольких районах (например, автодорога). Поля «РайонУлицаСтроение» и «УлицаСтроение» содержат адрес объекта в текстовом виде и используются с целью ускорения работы системы за счёт устранения необходимости чтения связанных таблиц.

В системе «ITSGIS» используется гибридная модель улично-дорожной сети. Граф УДС хранится при помощи сущностей «Дуга» и «Узел», связанных с сущностями «Линия» и «Точка». Участки УДС (перекрёсток, перегон, пешеходный переход, ж/д переезд и пр.) хранятся при помощи сущности «Участок», связанной с сущностью «Полигон».

Набор необходимых данных о нештатных ситуациях включает в себя семантические, пространственные и временные данные.

На основе модели инцидента [4] разработана ER-модель данных (рисунок 2).

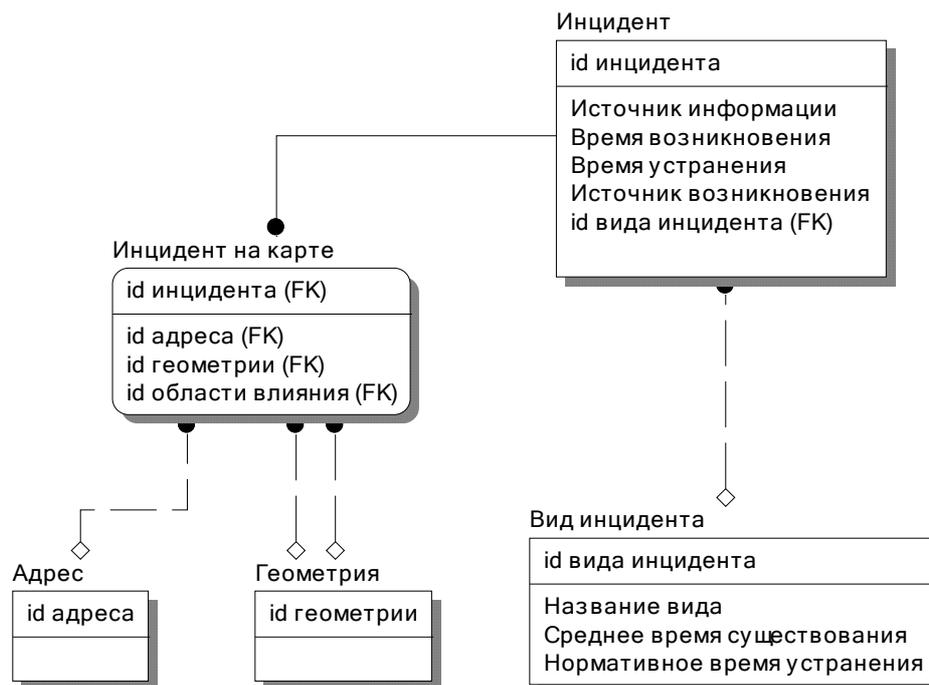


Рис. 2. ER-модель данных, характеризующих инцидент

Совокупность используемых сущностей и связей между ними позволяет сохранять текущую и статистическую информацию об инцидентах.

Сущность «Инцидент» содержит семантические и временные характеристики конкретного инцидента: время возникновения и устранения, источник информации, источник возникновения. В таблице «Вид инцидента» хранятся всевозможные виды инцидентов с нормативным и средним фактическим временем устранения. Примеры видов инцидентов: «ДТП», «Сломанный светофор», «Дефект дорожного покрытия», «Посторонний объект на проезжей час-



ти», «Туман», «Дорожные работы».

Пространственные характеристики инцидента хранятся с помощью зависимой сущности «Инцидент на карте», связанной с сущностями «Адрес» и «Геометрия». «id геометрии» - ссылка на сущность «Геометрия», определяющую физические границы инцидента. «id области влияния» - ссылка на сущность «Геометрия», определяющую область влияния инцидента.

Область влияния нештатного изменения – подграф улично-дорожной сети, непустое множество вершин и дуг, на которые оказывает влияние нештатная ситуация. Отображение области влияния в ER-модели в виде геометрии, а не набора вершин и дуг графа УДС обусловлено имеющейся структурой данных в системе «ITSGIS» и наличием функции получения подграфа УДС путём наложения геометрии на имеющийся граф УДС.

Литература

1. Halpin T., Morgan T. Information modeling and relational databases. Morgan Kaufman, 2008. 943 p.
2. Михеева, Т.И. Структурно-параметрический синтез интеллектуальных транспортных систем / Т.И. Михеева – Самара: Самар. науч. центр РАН, 2008. – 380 с.
3. Михеев С.В., Сидоров А.В., Головнин О.К., Михайлов Д.А. Архитектура геоинформационной справочной системы объектов городской инфраструктуры // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 3; URL: www.science-education.ru/109-9608
4. Осьмушин А.А., Богданова И.Г., Сидоров А.В. Моделирование нештатных ситуаций на улично-дорожной сети // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6; URL: www.science-education.ru/113-11766.

О.Н. Сапрыкин, О.В. Сапрыкина, А.В. Сидоров

ПРИМЕНЕНИЕ ПОДХОДА МНОГОВАРИАНТНОЙ ПЕРСИСТЕНТНОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Интеллектуальные транспортные системы (ИТС) получили большое распространение в последнее время. Под данным термином понимается широкий спектр аппаратно-программных средств, позволяющих собирать информацию с объектов транспортной инфраструктуры, проводить анализ и принимать решения (оперативные или стратегические). В разных реализациях ИТС используются различные функциональные подмножества. Однако большинство разработчиков ИТС сталкивается с необходимостью обработки больших массивов разнотипных неструктурированных данных. В статье рассмотрен подход, по-



звolyающий с единых архитектурных позиций рассматривать разнотипные данные в интеллектуальной системе поиска оптимальной структуры улично-дорожной сети (УДС).

Составляющие интеллектуальную систему модули обладают разными требованиями к хранению данных, поэтому многие из них имеют собственный слой доступа к данным. В интеллектуальной системе использованы следующие технологии хранения данных:

- файловые хранилища;
- реляционные СУБД;
- документальные СУБД.

Данный подход носит название многовариантной персистентности [1] и позволяет хранить данные в форме близкой той, что используется в программном коде. Это исключает объектно-реляционное отображение [2] в звеньях системы, где производительность является критическим фактором. Подход, основанный на многовариантной персистентности использовался на всех этапах проектирования базы данных: концептуальном, логическом и физическом. На рисунке 1 изображена структура взаимодействия модулей данных.

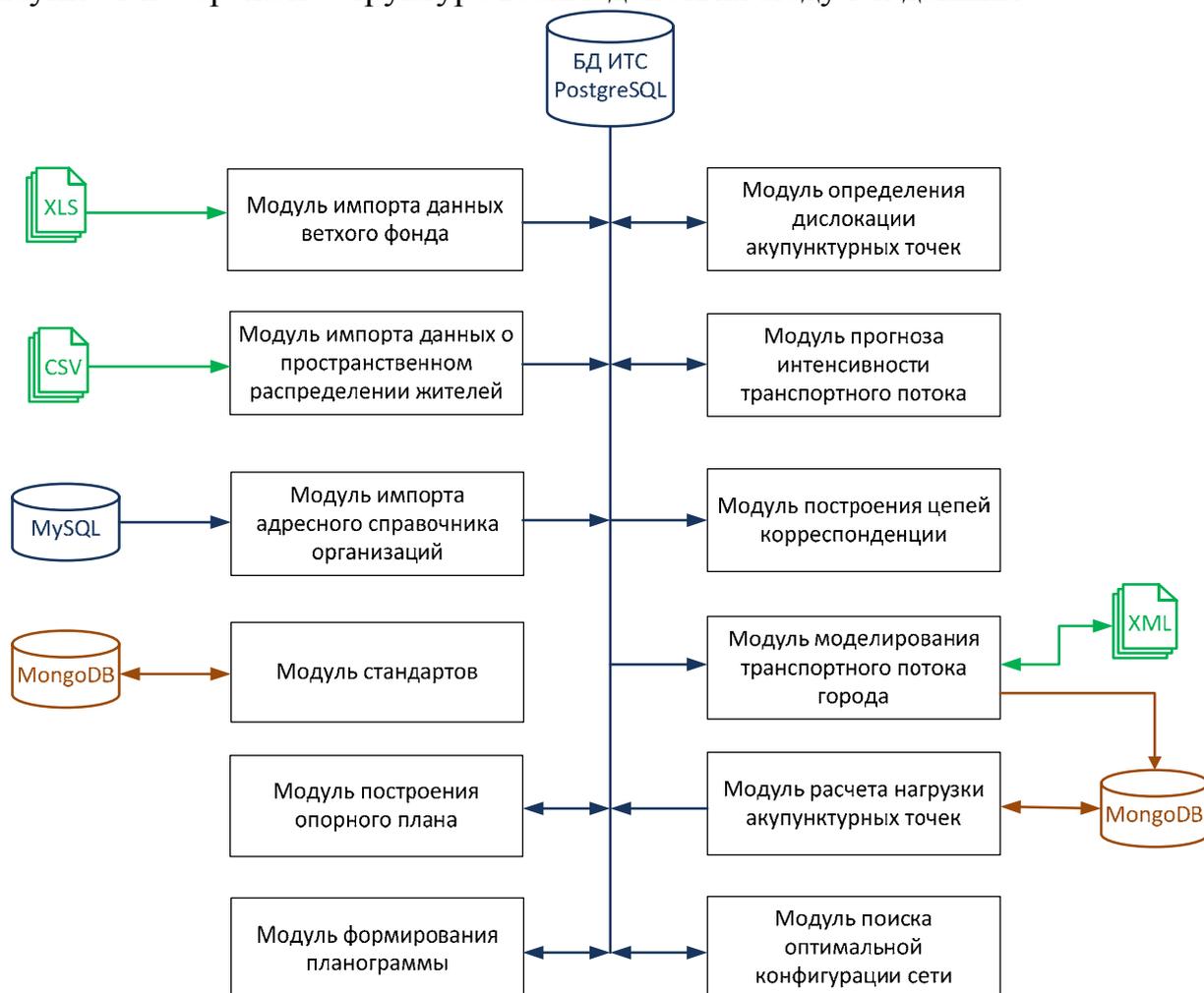


Рис. 1. Структура взаимодействия модулей данных



Модули импорта данных имеют возможность читать данные из внешних источников, для каждого из них разработан специальный компонент, способный разобрать информацию в предоставленном формате.

В частности, разработаны следующие компоненты:

- провайдер *Excel*-файлов, хранящий данные ветхого жилищного фонда;
- провайдер *Csv*-файлов неперсонализированной информации о пространственном распределении жителей города;
- провайдер к базе данных *MySQL* с адресным справочником организаций и предприятий города.

Каждый модуль импорта записывает преобразованную информацию в основную базу ИТС посредством провайдера, предоставленного ядром ИТС [3].

Модуль ведения стандартов в электронном виде хранит информацию в стандартизованном виде, и в то же время, имеет возможность гибко изменять структуру хранения. Данными возможностями обладает документальная СУБД *MongoDB*.

Модуль моделирования транспортного потока основан на библиотеке компонентов многоагентного моделирования транспорта *MATSim*. Библиотека имеет собственный формат хранения транспортной сети и агентов, который основан на формате *XML*. Перед запуском моделирования производится экспорт электронной карты, стандартов, интенсивности транспортного потока, информации о плотности населения и адресного справочника организаций в *XML*-формат *MATSim*. Результатом работы системы моделирования являются *XML*-файлы, содержащие пути и время перемещения агентов. Данные файлы импортируются в систему, после чего информация, хранящаяся в них, используется для визуализации и анализа.

В модуле моделирования транспортного потока каждый объект, перемещаясь по сети, формирует новые знания в виде информации о напряженности и окружающей инфраструктуре. Данные знания имеют сложную структуру, и в то же время, они должны быстро сохраняться в базе данных. Этого нельзя достичь при помощи отображения в реляционную базу данных. Поэтому в данном случае используется СУБД документального типа *MongoDB*. Это позволяет моментально сохранять снимок текущего состояния интеллектуального объекта в любой момент времени, не отвлекая его от основных обязанностей. Скорость достигается за счет быстрого отображения агрегатов и возможности широкого использования кластеров.

Для консолидации знаний всех объектов используется процедура, основанная на паттерне «Отображение-свертка» (*Map-reduce*) [1]. Данная процедура позволяет структурировать полученную от объектов информацию и записать ее в реляционную базу данных. Реляционное представление данных позволяет использовать алгоритмы интеллектуального анализа для их обработки.

Результатом работы модуля оптимизации конфигурации УДС является оптимальная конфигурация транспортной сети урбанизированной территории. В рамках программного комплекса предусмотрено параллельное хранение не-



скольких версий конфигураций улично-дорожной сети для последующего их сравнения.

Разработанная архитектура хранения данных интеллектуальной транспортной системы дает возможность унифицированного доступа к разнотипной информации. Данный подход формирует единую информационную платформу, на которой создается расширяемая система, способная решать аналитические задачи исследования транспортной инфраструктуры.

Литература

1. Фаулер, М. NoSQL. Новая методология разработки нереляционных баз данных / М. Фаулер, П. Дж. Садаладж. – М. : Вильямс, 2013. – 192 с.
2. Фаулер, М. Архитектура корпоративных программных приложений / Пер. с англ. – М. : Вильямс, 2006. – 544 с.
3. Сапрыкина, О.В. Построение архитектуры аналитического инструментария интеллектуальной транспортной системы на основе паттернов проектирования [Текст] / О. В. Сапрыкина, Т. И. Михеева, О.Н. Сапрыкин // Вестник Самарского гос. техн. ун-та. Серия «Технические науки». – 2010. – №4 (27). – С. 27-35.

О.В. Сапрыкина, О.Н. Сапрыкин, А.А. Осьмушин

МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ ЦЕПЕЙ КОРРЕСПОНДЕНЦИЙ ДЛЯ ПРОГНОЗА ИНТЕНСИВНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Численность населения современных крупных городов постоянно увеличивается, что ставит перед руководством задачу реконструкции инфраструктуры для возможности комфортного проживания большего количества людей. Особенно остро стоит задача модификации транспортной инфраструктуры, поскольку на нее ложится дополнительная нагрузка, связанная с глобальным ростом автомобилизации. Корректно выбрать проектное решение, способное избавить город от пробок, возможно посредством проведения имитационного моделирования. Адекватное моделирование транспортных потоков в городе требует корректного построения цепей корреспонденций, представляющих собой маршруты перемещения агентов в динамической модели.

Моделирование движения транспортных потоков требует получения информации о подвижности населения, представленной в виде интегральной матрицы корреспонденций $M(t)$. Интегральная матрица $M(t)$ суточных межрайонных корреспонденции для периода времени t является результатом интеграции матриц корреспонденций $\{M^1(t), \dots, M^N(t)\}$, которые различаются по грузоподъемности (малой S , средней M , большой G), интервалу времени (час пик



t_{Pic}^W, t_{Pic}^R , вне часа пик t) и причинам поездки (трудовые W , деловые B , рекреационные R) [1, 2].

Период времени t определяется как «час пик рабочего дня» t_{Pic}^W при: $t \in \overline{7,10} \cup \overline{18,20}$, $d_w = \overline{1,4}$; $t \in \overline{7,10} \cup \overline{16,19}$, $d_w = 5$, где $d_w = \overline{1,7}$ – день недели.

Период времени t определяется как «час пик выходного дня» t_{Pic}^R при: $t \in \overline{19,22}$, $d_w = 5$; $t \in \overline{7,11}$, $d_w = 6$; $t \in \overline{16,22}$, $d_w = 7$, где $d_w = \overline{1,7}$ – день недели. В остальных интервалах период времени t определяется как «вне час пик».

Интеграция суточных матриц корреспонденций легкового транспорта осуществляется по формуле:

$$M(t) = k^w(M^W(t) + M^W(t_{Pic}^W)) + k^b(M^B(t) + M^B(t_{Pic}^W)) + k^r(M^R(t) + M^R(t_{Pic}^R)), \quad (1)$$

где k^w, k^b, k^r – весовые коэффициенты трудовых, деловых и рекреационных легковых корреспонденций, определенные в результате обследований [3].

Полученная интегральная матрица $M(t)$ используется для восстановления цепей корреспонденции. Определение цепей корреспонденций c_i^l происходит для каждого агента из множества $A^l = \{a_1^l, \dots, a_N^l\}$.

Для распределения транспортного потока (ТП) по расширенному графу УДС $G' = (V', E')$ используется интегральная матрица корреспонденций $M(t)$, найденная с помощью прогноза интенсивности ТП и множество точек дислокации P^A [4].

Алгоритм определения цепей корреспонденций c_n^l состоит из следующих шагов (рис. 1):

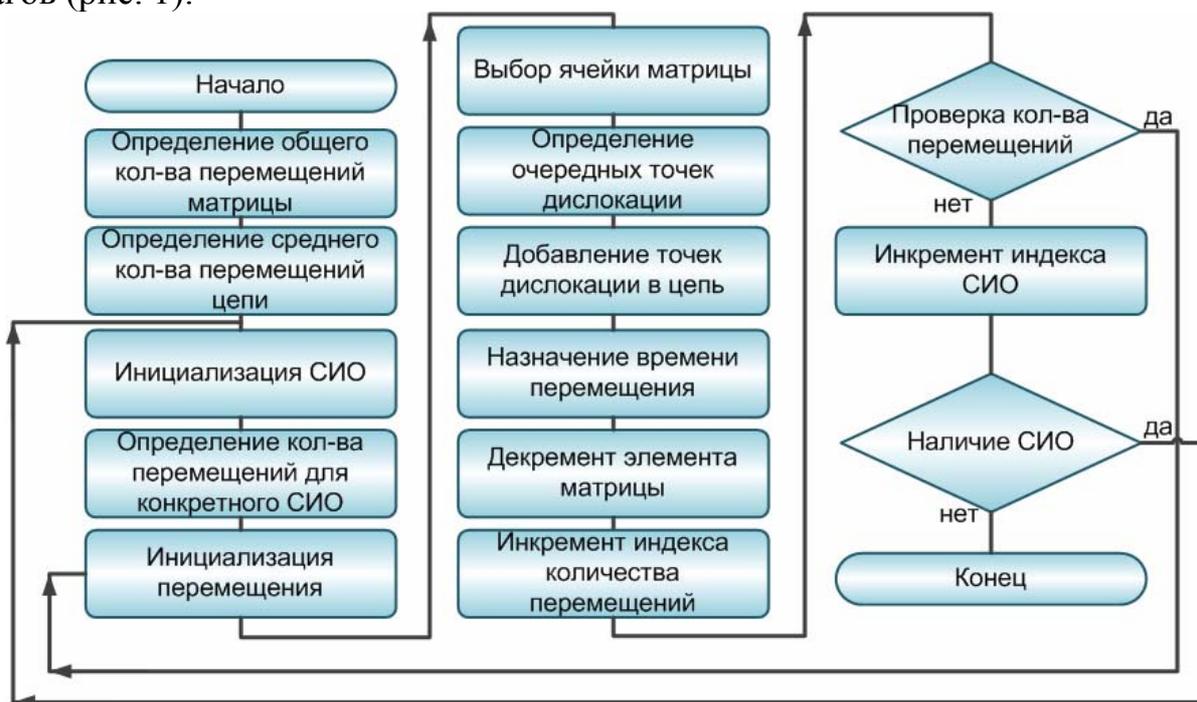


Рис. 1. Схема алгоритма определения цепей корреспонденций



Шаг 1. вычисление суммарного объема перемещений n^M в матрице корреспонденций $M(t)$ по формуле: $n^M = \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N m_{ij}(t)$;

Шаг 2. вычисление среднего количества перемещений \bar{n} для одной цепи корреспонденции по формуле:

$$\bar{n} = \frac{n^M}{n^I}, \text{ где } n^I - \text{ количество СИО};$$

Шаг 3. для каждого СИО $a_r^I \in A^I$ с индексом r выполним:

Шаг 4. определение количества перемещений n^K для данного СИО a_k^I :

- если $r = n^I$, то количество перемещений $n_k^I = n^M - \sum_{k1=1}^{n^I-1} n_{k1}^I$;
- иначе, количество перемещений n_k^I для данного СИО a_k^I вычисляется согласно формуле плотности нормального распределения:

$$p = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\bar{n}-\mu)^2}{2\sigma^2}},$$

где σ – дисперсия, $\mu = \bar{n} / 2$ – математическое ожидание [5];

Шаг 5. в цикле по количеству перемещений n^K выполним шаги 6-12;

Шаг 6. выбор ячейки матрицы $m_{ij}(t)$;

- если $k = 1$ выбираем ячейку на пересечении случайным образом выбранных i -ой строки и j -го столбца;
- если $k = n^K$ выбираем ячейку на пересечении строки, определенной последней точкой дислокации p_{k-1} и столбца, определенного первой точкой дислокации p_1 в формируемой цепи c_k^I ;
- если $k = n^K - 1$ выбираем ячейку на пересечении i -ой строки, определенной последней точкой дислокации p_{k-1} и j -го столбца, такого, что для ячейки матрицы корреспонденции $m_{jq}(t)$ количество перемещений $n_{jq} > 0$, где q – индекс столбца, соответствующего первой точке дислокации p_1 в цепи c_k^I ;
- иначе выбираем ячейку случайным образом по строке, которую определяет последняя точка дислокации p_{k-1} формируемой цепи корреспонденции c_k^I ;

Шаг 7. определение очередных точек дислокации, в качестве которых используются центры транспортных районов, соответствующих выбранной ячейке матрицы корреспонденции;

- если $k = 1$, то выбираем две точки дислокации для цепи – p_1, p_2 ;
- иначе выбираем одну точку дислокации для цепи – p_k ;



Шаг 8. добавление найденных точек дислокации в цепь корреспонденции c_k^l , принадлежащую СИО a_k^l ;

Шаг 9. назначение времени перемещения t_k , значение которого вычисляется как случайное значение, взятое в диапазоне периода максимальной интенсивности $[t_{\min}^p, t_{\max}^p]$ точки дислокации;

Шаг 10. декремент единицы перемещения из значения количества перемещений, обозначенного в ячейке матрицы $m_{ij}(t)$;

Шаг 11. инкремент индекса по количеству перемещений k ;

Шаг 12. повторение шагов 6-12, при условии, что $k \leq n_k^l$;

Шаг 13. инкремент индекса количества СИО r ;

Шаг 14. переход к шагу 4, при условии $n \leq n^l$.

Разработанный метод позволяет адекватно распределить маршруты агентов в модели транспортной инфраструктуры. Построенная с его использованием модель транспортной инфраструктуры позволит решать задачи двух типов. Во-первых, проверка гипотез об изменении параметров транспортной инфраструктуры для решения текущих транспортных проблем. Во-вторых, проверка соответствия существующей транспортной инфраструктуры новым вызовам в виде новых микрорайонов.

Литература

1. Расчет кривых тяготения, с использованием данных выборочного анкетирования на основе немецкой модели EVA [Электронный ресурс] // Электронный журнал: Транспортная лаборатория ИрГТУ. Режим доступа: <http://transport.istu.edu>.

2. Doblas, J. An approach to estimating and updating origin-destination matrices based upon traffic counts preserving the prior structure of a survey matrix / J. Doblas, F. Benitez // Transportation research, Part B: methodological, 2005. - Vol. 39. - Pp. 565-591.

3. Сапрыкина, О.В. Реализация энтропийной модели расчета матриц корреспонденций при проектировании транспортной сети [Текст] / О.В. Сапрыкина, Т.И. Михеева // Актуальные проблемы автотранспортного комплекса: межвуз. сб. науч. статей (с междунар. участием). - Самара: Самар. гос. техн. ун-т., 2012. - С. 25-38.

4. Saprykina, O.V. Realization calculation model of matrixes of correspondence for transport network [Текст] / O.V. Saprykina, T.I. Mikheeva, O.N. Saprykin // The 14th International Workshop on Computer Science and Information Technologies (CSIT'2012), 2012. - P. 20-26.

5. Прохоров, С.А. Прикладной анализ случайных процессов. - Самара: СНЦ РАН, 2007. - 582 с.



М.М. Семенов, И.Г. Богданова

К ВОПРОСУ ОБ УПРАВЛЕНИИ В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

В современных условиях все большую актуальность приобретают вопросы управления транспортными потоками с целью обеспечения безопасности участников дорожного движения, снижения нагрузки на улично-дорожную сеть, улучшения экологической обстановки в городах. С решением перечисленных проблем в зарубежных странах успешно справляются автоматизированные системы управления дорожным движением (АСУДД). Создание автоматизированных систем управления дорожно-транспортной инфраструктурой крупных городов позволяет решить ряд проблем при организации дорожного движения: улучшить характеристики улично-дорожной сети, усовершенствовать дислокацию технических средств организации дорожного движения, оптимизировать процесс управления транспортными потоками на всех фазах движения, уменьшая транспортные задержки и повышая безопасность движения.

Широкое внедрение средств и систем автоматизированного управления дорожным движением осуществляется в зарубежных странах. Ведущие фирмы по этому направлению – «Мацусита» (Япония), «Сименс» (ФРГ), «Плесси» (Англия), «ТРТ» (Франция), «ПИК ТРЭФФИК» (США). В России до настоящего времени используются лишь элементы или некоторые подсистемы подобных АСУДД. При общности основных концепций построения и развития данных средств и систем, отечественные разработки различаются тактико-техническими данными, конструктивным исполнением и схемной реализацией. Постоянное совершенствование методов и средств автоматизации управления дорожным движением требует развития служб эксплуатации.

Современная АСУДД – это глобальная система, контролирующая дорожно-транспортную сеть города. Глобальный характер АСУДД обуславливает повышение централизованности управления. Как следствие, это приводит к созданию большого количества пунктов управления и контроля над движением, оборудованных аппаратурой считывания информации с дорожных детекторов и удаленных на большое расстояние от управляющего центра.

Основными компонентами АСУДД являются:

- техническое обеспечение;
- программное обеспечение;
- штат специалистов.

Под техническим обеспечением понимается комплекс детекторов транспорта, устройства передачи данных, контроллеры управления транспортными потоками, технические средства контроля в диспетчерских центрах.



Программное обеспечение (ПО) подразделяется на два вида: внешнее и внутреннее. Внешнее ПО реализует алгоритмы управления транспортными потоками. Внутреннее ПО обеспечивает взаимодействие различных частей управляющего комплекса, ввод и реализацию алгоритмов управления объектом так же вывод результатов выполнения профильных программ.

Штат специалистов выполняет задачу эксплуатации и обслуживания технических средств.

Архитектура АСУДД приведена на рисунке 1.

Техническое обеспечение включает в себя:

- дорожный контроллер для локального управления;
- дорожный контроллер для АСУДД;
- детекторы транспорта.



Рис. 1. Архитектура автоматизированной системы управления дорожным движением

Под устройствами центрального управляющего пункта (ЦУП) понимаются технические средства, выполняющие функции координации и управления светофорными объектами. По назначению различают следующие устройства:



- дисплейный пульт оперативного управления – управляет всеми районными светофорными сигнализациями, дает возможность просмотра состояния объектов на выделенном участке;
- контроллер районного центра – позволяет просматривать все объекты на выделенном участке, видеть их неисправность, оценивать ситуацию с учетом неполадок оборудования;
- устройства обмена информацией между ЦУП и периферийными устройствами.

Технические средства (дорожные контроллеры, детекторы транспорта) позволяют управлять светофорными циклами, учитывать количество транспортных средств на выделенном участке дороги, производить измерения скорости транспортных средств, плотности транспортного потока и др.

Дорожные контроллеры переключают светофорные сигналы в зависимости от заданной временной программы. Управляются автоматически, локально. Имеют множество временных программ.

Детекторы транспорта ведут учет различных характеристик транспортного потока (скорость, плотность, состав).

Контроль функционирования и диагностика неисправностей осуществляются специалистами ЦУП с помощью двух приборов:

- имитатор центра – это устройство проверяет управление ЦУП дорожными контроллерами с помощью сигналов, аналогичных сигналам ЦУП;
- инженерный пульт – этот пульт позволяет проверять работу контроллера, менять режим его работы.

АСУДД может дополняться дополнительными устройствами. Построение таких систем обеспечивает значительный эффект не только в разгрузке транспортных потоков, но и в улучшении экологической ситуации, уменьшении расхода топлива у автотранспорта.

Литература

1. Васильев А.П., Сиденко В.М. Эксплуатация автомобильных дорог и организация дорожного движения. – М.: Транспорт, 1990. –304 с.

А.В. Сидоров, А.А. Федосеев, В.А. Ключников

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Транспортная инфраструктура, как исследуемый объект, в течение времени требует непрерывного изучения ее параметров и характеристик наполняющих ее объектов. Трудоемкость задачи зависит от уровня автоматизации



процессов получения, обработки, хранения, документирования информации о текущем состоянии транспортной инфраструктуры и ее объектов.

Несмотря на значительный объем исследований в данной области, информационные технологии мониторинга технического состояния объектов транспортной инфраструктуры не являются совершенными по ряду причин, основными из которых являются, с одной стороны, разобщенность баз данных испытаний, отсутствие интеллектуальных компонентов, позволяющих качественно и эффективно осуществлять поддержку принятия решений и, как следствие, сокращать общее время, затрачиваемое на обслуживание транспортной инфраструктуры; с другой стороны, нестационарность физических процессов в движении транспортных потоков, сложность математического описания транспортных потоков, зависимость характеристик транспортных потоков от внешних условий и т.д. Указанные факторы приводят к необходимости принятия решений о построении модели объектов транспортной инфраструктуры в условиях существенной неопределенности [1].

Моделирование является основным методом исследований во всех областях знаний и научно обоснованным методом оценок характеристик сложных систем, в частности транспортных, используемым для принятия решений в различных сферах деятельности.

Построение геоинформационной модели объектов транспортной инфраструктуры позволяет создавать стратегии долголетнего планирования улично-дорожной сети, что обеспечит возможность перераспределения транспортных потоков в улично-дорожной сети крупных городов, уменьшит транспортные потоки в центральных частях городов и создавать приоритетные условия для общественного транспорта, пешеходов и велосипедистов.

Модель объектов транспортной инфраструктуры позволяет решать ряд задач:

Задача паспортизации дороги. Паспорт автомобильной дороги описывает технические, экономические и эксплуатационные характеристики автомобильной дороги и дорожных сооружений на ней. Паспорт дороги служит для рационального планирования работ по строительству, реконструкции, ремонту и содержанию дорог. Паспортизации подвергают все автомобильные дороги общего пользования (каждую дорогу в отдельности).

Задача инвентаризации дороги. Главная цель инвентаризации автомобильной дороги – сбор и систематизация данных для рационального планирования и организации работ по содержанию и ремонту дорог, а также управления дорогами. Технический учет и паспортизация включают сплошную инвентаризацию, проводимую один раз в 8-10 лет, и ежегодную паспортизацию автомобильных дорог. Инвентаризация проводится на основании постановлений Правительства Российской Федерации. Задачу инвентаризации позволяет решить геоинформационная система ITSGIS, выполняющая функции дислокации и отображения объектов транспортной инфраструктуры на электронной карте, построения сводных ведомостей и отчетов по объектам транспортной инфраструктуры.



Задача моделирования дорожного движения. Проводится с целью определения зависимости показателей транспортного потока от модели организации дорожного движения [2]. Современные программные средства, такие как PTV Vision VISSIM, Transport Simulation Aimsun, Inro Emme и другие позволяют наглядно моделировать текущую транспортную ситуацию, а также оценить изменение параметров транспортного движения в случае воздействия на объекты транспортной инфраструктуры [3].

Сбор и обработка данных об объектах транспортной инфраструктуры является сложной и неоднозначной задачей. В связи с этим спроектирован программно-аппаратный комплекс WayMark.

Аппаратная часть комплекса выполняет функции сбора и первичной обработки информации. Она представляет собой передвижную лабораторию, оборудованную видеокамерами и системами спутниковой навигации GPS и Глонасс.

Программная часть комплекса содержит в себе систему поддержки принятия решений (СППР), выполняющую задачи по информационному и интеллектуальному обеспечению лица, принимающего решения (ЛПР). В состав СППР комплекса входит информационное обеспечение – база знаний, на основании информации из которой СППР формирует свои рекомендации для ЛПР, методическое и организационное виды обеспечения [4].

Главной функцией СППР построения модели объектов транспортной инфраструктуры является вывод рекомендаций на основании изучения исторического и текущего состояния объекта исследования и сравнения их с информацией, хранящейся в базе знаний системы. СППР построения модели объектов транспортной инфраструктуры является интеллектуальной, так как она разработана в рамках искусственного интеллекта, позволяющего по видеокадру распознавать объекты транспортной инфраструктуры [5].

В процессе построения геоинформационной модели объектов транспортной инфраструктуры осуществляется автоматическое обнаружение и распознавание объектов транспортной инфраструктуры с помощью искусственной многослойной нейронной сети с функциями нечеткого вывода. Нейронная сеть анализирует визуальные характеристики дорожного знака: форму, цвет, пиктограмму, размер. Распознавание объектов транспортной инфраструктуры осуществляется в два этапа: в первом происходит обнаружение объектов транспортной инфраструктуры с помощью их цвета и формы, во втором – классифицируются пиктограммы и размеры для определения типа и других семантических характеристик объектов транспортной инфраструктуры.

Знания в области транспортной инфраструктуры являются динамичными. Что-то устаревает, какие-то гипотезы опровергаются, подтверждаются новые теории, исследователи находят новые закономерности и факты. Всё это должно постепенно вноситься в базу знаний СППР, чтобы она была актуальной. Без этого система перестанет отвечать вызовам изменяющейся среды [6].

В процессе актуализации знаний участвуют два человека с ролями «Эксперт» и «Когнитолог». Первый предоставляет знания зачастую в неструктури-



рованном виде, а второй переносит их в базу знаний СППР в формализованном и полностью структурированном виде и в формате, который используется в самой системе. После этого эксперт верифицирует знания уже в базе знаний, тем самым своим авторитетом подтверждает то, что система может использоваться для поддержки принятия решений, и выдаваемые ею рекомендации основаны на правильных методах вывода и корректных знаниях.

Поскольку системой будут пользоваться специалисты разных уровней мастерства, то сама система должна иметь механизм объяснения тех рекомендаций, которые она выдаёт. Это очень важная функция, в том числе и для процесса верификации знаний.

Таким образом, перечень основных функций СППР выглядит следующим образом (рисунок 1):

- извлечение знаний;
- верификация знаний;
- вывод рекомендаций;
- объяснение рекомендаций.

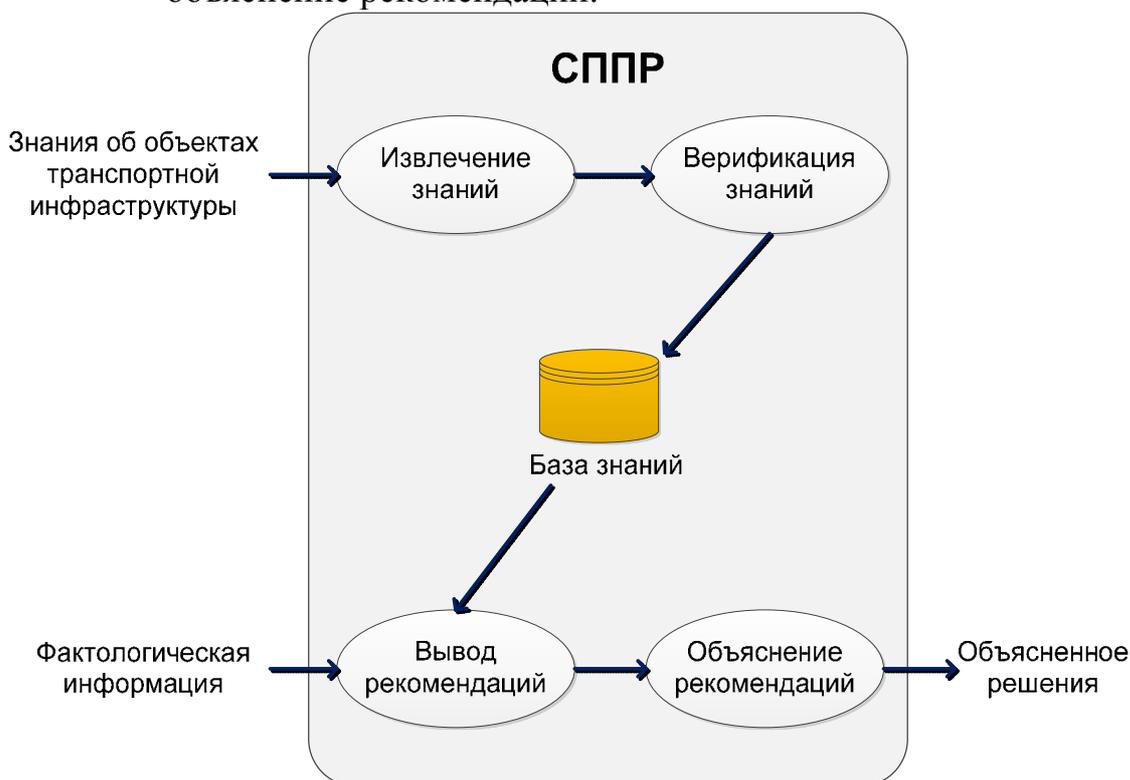


Рис. 1. Общая схема поддержки принятия решений построения модели объектов транспортной инфраструктуры

Использование модели объектов транспортной инфраструктуры позволяет решать широкий круг задач организации дорожного движения. В результате анализа модели могут быть выявлены объекты, установка которых необходима. Система поддержки принятия решений построения модели объектов транспортной инфраструктуры позволяет провести анализ оптимальности установки объектов технических средств организации дорожного движения по основным критериям, таким как безопасность дорожного движения, пропускная способ-



ность участков, средняя скорость движения транспортных средств. Подобный анализ позволит оптимизировать организацию дорожного движения в масштабах как некоторого участка УДС, так и некоторого района, и в дальнейшем всего города.

Литература

1. Сидоров А.В., Михеев С.В., Осьмушин А.А. Диагностика состояния транспортной инфраструктуры с использованием нейронных сетей // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6; URL: www.science-education.ru/113-11807
2. Швецов В.И. Математическое моделирование транспортных потоков. Автоматика и телемеханика, № 11. 2003. С. 3–46.
3. Aimsun. Официальный сайт компании Transport Simulation Systems URL: <http://www.aimsun.com>
4. Головнин О.К., Михеева Т.И., Сидоров А.В. Автоматизированная система интеллектуальной поддержки принятия решений в распределенных системах // Труды II Международной конференции «Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений» (ITIDS'2014), г. Уфа, 18-21 мая 2014 года. – Уфа: Изд-во УГАТУ. – 2014. – С. 32-38.
5. Чигорин, А.А. Распознавание знаков дорожного движения на изображениях с обучением на синтетических данных / А.А. Чигорин, А.А. Конев, Г.Р. Кривовязь, А.Б. Велижев, А.С. Конушин. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2010.
6. Бабкин Э.А., Визгунов А.Н., Куркин А.А. Общие принципы построения интеллектуальных систем поддержки принятия решений. Н. Новгород: Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева. – 2008, 269 с.

А.В. Сидоров, А.В. Хворов, А.В. Соловьев

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТА НА НЕРЕГУЛИРУЕМОМ ПЕРЕКРЕСТКЕ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

В современном мире городские дороги наполнены большим количеством автомобилей. Их число давно стало достаточно велико, чтобы человечество столкнулось с такой проблемой, как пробки на дорогах. К счастью, с развитием вычислительной техники, появилась возможность заметно упростить и усовершенствовать процесс проектирования дорог. Сделать это можно с помощью моделирования программными средствами движения транспорта и пешеходов на элементарных участках дорог. Этой теме и посвящен наш проект.

Однако, почему именно моделирование? Для наглядной передачи картины городского движения, необходима визуализация. Голые цифры, полученные



в результате статистических исследований дорожных участков, не только обойдутся дорожке, но и не смогут так доступно раскрыть действительную картину на дороге. А ведь оценка существующих или проектируемых участков должна быть понятна любому, от кого зависит будущее наших дорог. Моделирование будет по-настоящему полезно: оно сэкономит трудовые ресурсы и время.

Поставлена задача моделирования нерегулируемого перекрестка, то есть, перекрестка, на котором приоритет движения транспорта определяется не светофорами, а только дорожными знаками. Это весьма сложная и объемная задача. Для ее решения выбраны следующие программные средства: Microsoft Visual Studio 2013 в комплексе с пакетами SQLite, NHibernate и система контроля версий Visual Studio Online.

Разработана диаграмма вариантов использования (Use Case) (рисунок 1) [2]. В зависимости от уровня доступа пользователя («Гость», «Пользователь», «Суперпользователь») ширина функционала программы будет меняться. Обычному пользователю будет доступно редактирование готовых моделей и запуск симуляции. Суперпользователь способен создавать и сохранять готовые модели перекрестков, а также изменять содержимое базы данных.

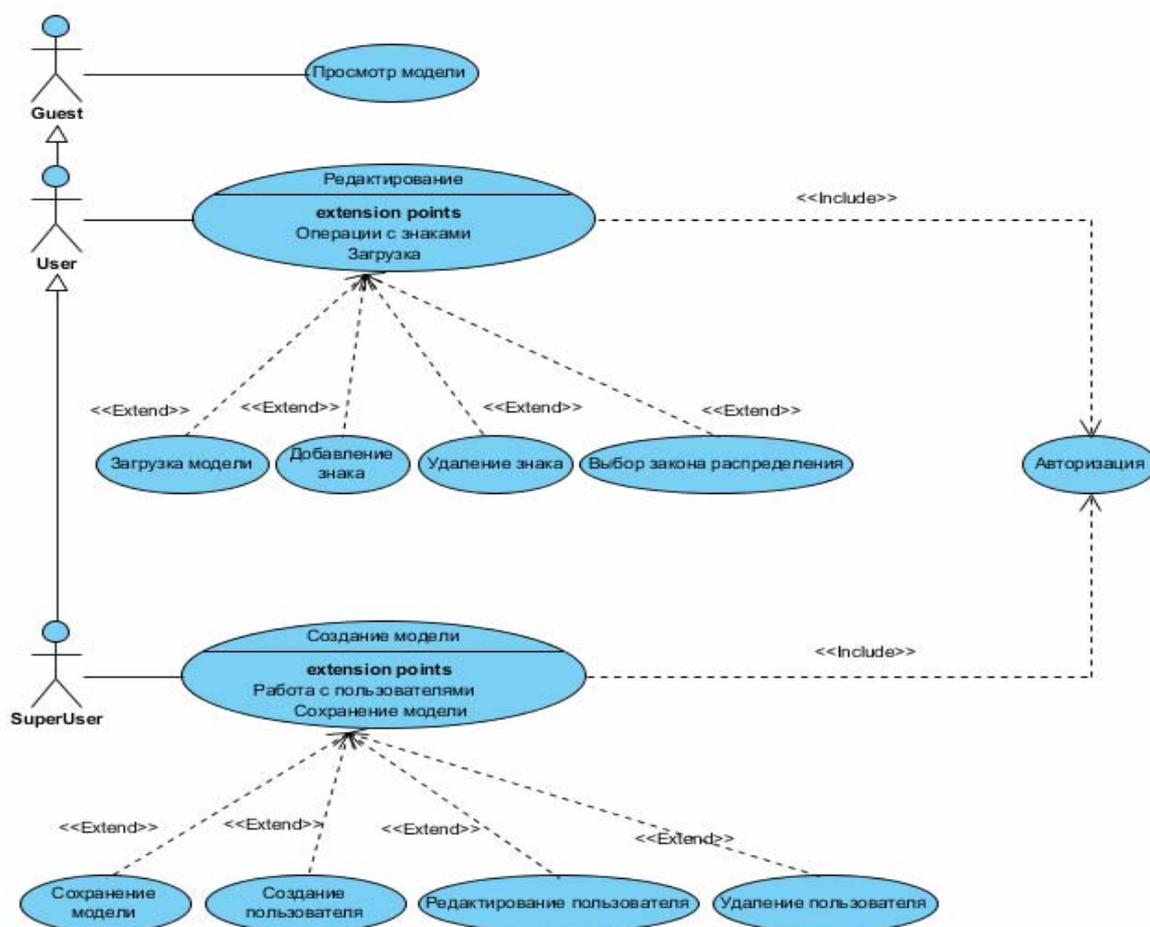


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования



Следующей задачей была разработка логической модели базы данных, необходимой для хранения готовых моделей (рисунок 2). Хранить в базе необходимо следующие данные: количество полос перекрестка, расположенные на нем знаки, находящиеся рядом пешеходные переходы, виды и параметры распределения, по которому будут двигаться пешеходы и транспорт, данные зарегистрированных пользователей и т. д. [2].

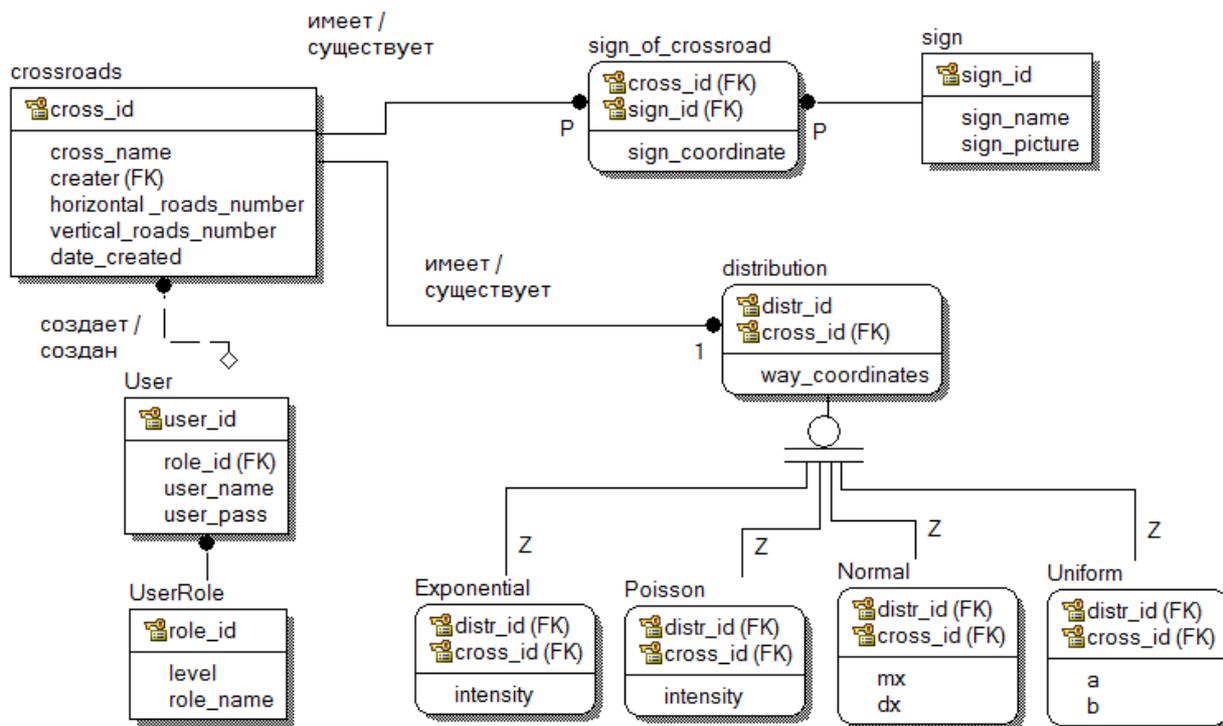


Рис. 2. Логическая модель базы данных

Литература

1. Диаграмма вариантов использования (use case diagram) [Электронный ресурс]. <http://www.info-system.ru>
2. Jason Dentler NHibernate 3.0 CookBook. October 2010. Published by Packt Publishing Ltd.

Ж.А. Сухинец, В.М. Сапельников, А.И. Гулин

МНОГОТОЧЕЧНЫЙ ЧАСТОТНЫЙ СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ МАССЫ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

(Уфимский государственный авиационный технический университет,
Уфимский государственный нефтяной технический университет)

Самыми удобными для использования, как показал анализ мирового рынка, в системах автоматического управления и обработки информации на железнодорожном транспорте на сегодняшний день являются электромеханические весы. Принцип их работы заключается в электрической регистрации деформа-



ции от нагрузки тензометрическими датчиками и передача данных на автоматизированную аппаратуру, что позволяет проводить взвешивание без остановок состава непосредственно на ж/д пути. Основное преимущество тензорезисторов:

- высокое качество тензорезисторов, обусловленное современными технологиями при их изготовлении;
- простота изготовления датчиков, не требующая сложного технологического оборудования при массовом производстве;
- низкая стоимость в сочетании с высокими техническими характеристиками;
- возможность простыми техническими средствами компенсировать влияние внешних факторов;
- стабильность характеристик в течение всего срока службы.

В подавляющем большинстве случаев для измерения силовых параметров применяют мостовые цепи с питанием постоянным или переменным током, имеющие свои достоинства и недостатки.

Структура современной схемы измерителя [1] включает в себя генератор переменного напряжения, измерительный мост с рабочими и термокомпенсационными терморезисторами, блок балансировки моста, усилитель напряжения разбаланса, детектор и нормирующий усилитель. Использование переменного напряжения питания моста вызвано тем, что применяемый затем усилитель может содержать разделительные конденсаторы между каскадами, что обеспечивает малый дрейф сигнала. Однако балансировка моста одним переменным резистором становится невозможной, так как экранированные провода линий связи имеют большую электрическую емкость, и возникает необходимость дополнительной балансировки моста и по реактивной составляющей тока.

С энергетической точки зрения самым тяжелым участком измерительного канала [2] является участок от выхода преобразователя до входа устройств обработки информации. Возникающие на этом участке потери информации уже не могут быть восполнены никакими последующими операциями. Паразитные ЭДС, переходные сопротивления и взаимное влияние каналов также отрицательно сказываются на точности измерения.

Преобразователи, выходной величиной которых является частота, совмещают простоту и универсальность, свойственную аналоговым устройствам, с точностью и помехоустойчивостью, характерными для датчиков с кодовым выходом. Выходные же мощности частотных датчиков, как правило, оказываются значительно большими, чем у резистивных, индуктивных, пьезоэлектрических и т.п.

Поэтому в ряде работ, например, [3] предложена измерительная схема с цифровым выходом, выполненная на базе интегральной микросхемы с преобразованием постоянного напряжения разбаланса моста в частоту или непосредственно в код с помощью АЦП. Мост питается от высокостабильного двухполярного источника постоянного напряжения. Недостатками подобной измерительной схемы, являются низкая точность при изменении сопротивлений тензорези-



сторов с изменением температуры разогрева тензомоста и работа преобразователя только при разбалансе тензомоста в одну сторону, а при нулевом разбалансе выходная частота преобразователя равна нулю.

Быстродействующее и высокоточное определение массы транспортного средства с сыпучими и наливными грузами при погрузке или выгрузке является актуальной задачей.

Известен способ измерения веса и деформаций с использованием от одного до четырех тензорезисторов в измерительных цепях в виде мостов уравновешивания или квазиуравновешивания [4]. Недостатками подобного способа измерения являются малый уровень амплитудного выходного сигнала, составляющего не более 10 – 50 мВ, что усложняет дистанционные измерения, сложность схемы в случае одновременного измерения во многих точках протяженного объекта.

Известно устройство [5] реализующее способ многоопорного взвешивания, в котором размещают многокомпонентные тензорезисторные датчики веса, каждый из которых содержит основной мост тензорезисторов для измерения силы и по два дополнительных моста тензорезисторов, измеряющих моменты сил, приложенных к их силовводящим и опорным узлам на эталонной силовоспроизводящей установке, и судят об измеряемом весе по сумме сигналов основных мостов тензорезисторов всех датчиков, контролируя при этом сигналы дополнительных мостов тензорезисторов. Измерение сигналов дополнительных мостов тензорезисторов позволяет контролировать правильность ориентации многокомпонентных датчиков веса на эталонной силовоспроизводящей машине.

Недостатками применения этого устройства и реализуемого им способа являются малая мощность выходного сигнала и влияние малозаметных дестабилизирующих факторов (просадки и наклона фундамента и платформы) на погрешность измерения.

В обычных случаях используется четырехпроводная схема подключения тензодатчика. Если же в сопротивлении кабелей смежных тензодатчиков присутствует большая разница, то используется шестипроводная схема подключения, которая компенсирует электрическое сопротивление их кабелей.

Для повышения помехоустойчивости информативного сигнала с возможностью его дистанционной передачи по двухпроводной линии связи и использования большого количества тензорезисторов для контроля протяженных участков транспортной сети с усреднением показаний без дополнительных вычислительных устройств, а также устранения влияний нестабильности напряжения питания измерительной схемы, просадки, наклона фундамента и платформы весов, а также смещения центра масс грузов на погрешность измерения, авторами разработано устройство измерения массы с использованием тензорезисторов R_p в качестве элементов фазирующей цепочки (ФЦ) генератора (Рис. 1).

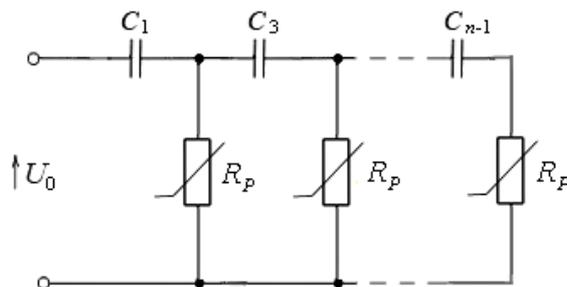


Рис. 1. Принципиальная схема фазирющей цепочки

Частоты квазирезонанса ω_0 n - плечей ФЦ определяются согласно [6] как

$$\omega_0 = \frac{1}{k_n R_p C},$$

где коэффициент k_n вычисляется из уравнения

$$\sum_{i=0,1,\dots}^p (-1)^i k_n^{2i+1} C_{0,5n+1+2i}^{2+4i} = 0,$$

где $p = 0,25n - 1$ - для четных $0,5n$;

$p = 0,25(n + 2) - 1$ - для нечетных $0,5n$.

Из всех вещественных положительных корней уравнения необходимо использовать наименьшее значение k_n , т.к. использование других значений, приведет к сдвигу фаз ФЦ на 2π радиан и более.

Измерение массы осуществляется следующим образом (Рис. 2). Однотипные стандартные тензорезисторы (тензодатчики P) 1 размещают в контролируемых точках объекта, соединяют с внешними конденсаторами для образования фазирющей цепочки 2, составляющей совместно с усилителем 3 генератор 4, который соединяют через функциональный преобразователь частота-код 5 и микроконтроллер 6 с цифровым индикатором 7. При изменениях массы (деформаций) контролируемого объекта меняются значения сопротивлений тензорезисторов, образующих фазирющую цепочку 2 генератора 4. В соответствии с величинами этих сопротивлений устанавливается частота генератора 4, которая преобразуется функциональным преобразователем частота-код 5, обрабатывается микроконтроллером, программу которого снабжают градуировочной характеристикой зависимости частоты от контролируемой массы или деформации, и индицируется на цифровом индикаторе 7 в соответствующих единицах измерения.

Итак, предложенное устройство позволяет частотным способом непрерывно измерять массу и деформацию объекта с использованием двухпроводной линии связи и однотипных стандартных тензорезисторов (тензодатчиков) с усреднением показаний без дополнительных вычислительных операций, что обеспечивает высокую надежность и помехоустойчивость устройства при дистанционных измерениях.

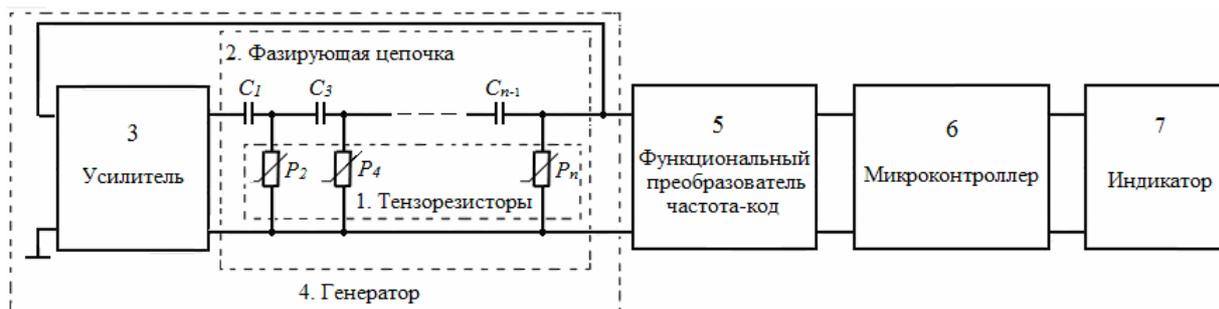


Рис. 2. Многоточечное частотное устройство измерения массы

Кроме того, устройство устраняет влияние просадки, наклона фундамента и платформы весов, а также смещения центра масс грузов, т.к. увеличение сопротивлений одних тензорезисторов будет соответствовать уменьшению сопротивлений других, а также нестабильности напряжения питания измерительной схемы на выходную частоту генератора.

Литература

1. Сухинец Ж.А., Сидорова А.В., Сухинец А.В. Исследование фазирующих RC -цепочек на тензорезисторах // IX Международная конференция «Современные концепции научных исследований»: Eurasian Union of Scientists (Технические науки ч. 2). – Москва, 2014. – № 9. – С. 74-77.
2. Новицкий П.В., Кнорринг В.Г., Гутников В.С. Цифровые приборы с частотными датчиками. Л.: Энергия. 1970. – 424 с.
3. А. с. № 828406 СССР. Преобразователь сигнала разбаланса тензомоста в частоту / Н. В. Громов, В. Д. Михотин, Э. К. Шахов, В. М. Шляндин // Открытия. Изобретения. – 1981. Бюл. № 17.
4. Левшина Е.С., Новицкий П.В. Электрические измерения физических величин. – Л.: Энергоатомиздат. 1983. – 320 с.
5. Пат. № 121570 РФ. Устройство для передачи размера единицы силы, воспроизводимой эталонной силовоспроизводящей установкой / А. Ф. Остривной, М. В. Сенянский, А. С. Деревянко, Ю. А. Ханов // Изобретения. Полезные модели. 2012. Бюл. № 30.
6. Гулин А.И. Проектирование многозвенных RC - генераторов // Изв.вузов «Приборостроение» 2012. Т.15. № 1(41). С. 14 – 118.’

А.А. Федосеев, Т.И. Михеева, С.В. Михеев

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ РАЗНОРОДНЫХ ПРОСТРАНСТВЕННО-РАСПРЕДЕЛЁННЫХ ДАННЫХ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Проектирование, оценка и анализ дорожно-транспортной инфраструктуры урбанизированной территории требует построения её имитационной модели. Такая модель с некоторой степенью приближённости описывает состояние



и функционирование рассматриваемой системы – транспортной инфраструктуры, а также с определённой точностью может обеспечить прогноз её состояния в заданный момент времени. Стремительное развитие ГИС-технологий в последние годы определило геоинформационный подход в качестве основополагающего в процессе создания и функционирования модели транспортной инфраструктуры. Данный подход обеспечивает не только визуальное отображение пространственных отношений и распределений, но также позволяет получать аналитические решения в графическом виде в результате обработки разнородных данных о состоянии транспортной инфраструктуры [2]. Основу при построении геоинформационной модели транспортной инфраструктуры составляют данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Современные системы ДЗЗ позволяют не только получать информацию о положении объектов интереса в пространстве, но также обеспечивают оперативное предоставление данных об их состоянии, свойствах и специальных характеристиках [1]. Учитывая, что транспортная инфраструктура является сложной технической системой, данные о ней, получаемые как средствами ДЗЗ, так и другими способами, содержат скрытые закономерности, выявляемые и исследуемые методами интеллектуального анализа данных – Data Mining [3].

Получение снимков земной поверхности осуществляется с использованием ряда методов ДЗЗ, таких как мульти-, гиперспектральная и панхроматическая оптико-электронная съёмка, радиолокационная съёмка. Комплексирование разнородных и разновременных данных ДЗЗ позволяет улучшить процесс обнаружения и классификации объектов транспортной инфраструктуры, а также выявления различных изменений [4]. В связи с этим имеется актуальная потребность в создании специальных систем, позволяющих:

- комплексировать спектрозональные изображения с пространственными особенностями (например, контуры границ, текстура и трёхмерные особенности) с учётом пространственно-спектральных паттернов объектов транспортной инфраструктуры;
- интеллектуальный анализ изображений для выявления скрытых закономерностей, присущих отдельным объектам интереса;
- формирование базы данных спектральных сигнатур объектов интереса для автоматизации поиска их в больших наборах данных;
- использовать обученные «поисковые агенты» для доступа к комплексированным изображениям и оценки изменений в объектах транспортной инфраструктуры.

Принцип комплексирования основан на концепции послойного формирования данных, когда слои включают в себя мультиспектральные и мультивременные изображения, а также трёхмерные модели рельефа [5]. Цифровые модели рельефа используются не только для ортокоррекции изображения, но и для подробных расчётов, когда учитываются крыши домов и стены зданий. Трёхмерная модель рельефа (местности) может быть построена непосредственно на



основе снимков, получаемых различными способами (оптико-электронная съёмка, радарная съёмка, лидарная съёмка и т.д.).

На рисунке 1 представлена концепция комплексирования информации от разных датчиков, включая интеллектуальный анализ. Многоаспектные формы изображений формируются с использованием 3D-модели и образуют много-слойные данные. Изображения затем размещаются в среде для интерактивной 3D-визуализации и интеллектуального анализа. Прототип системы, которая включает в себя каждый из этапов мультисенсорного комплексирования, приведен на рисунке 2.

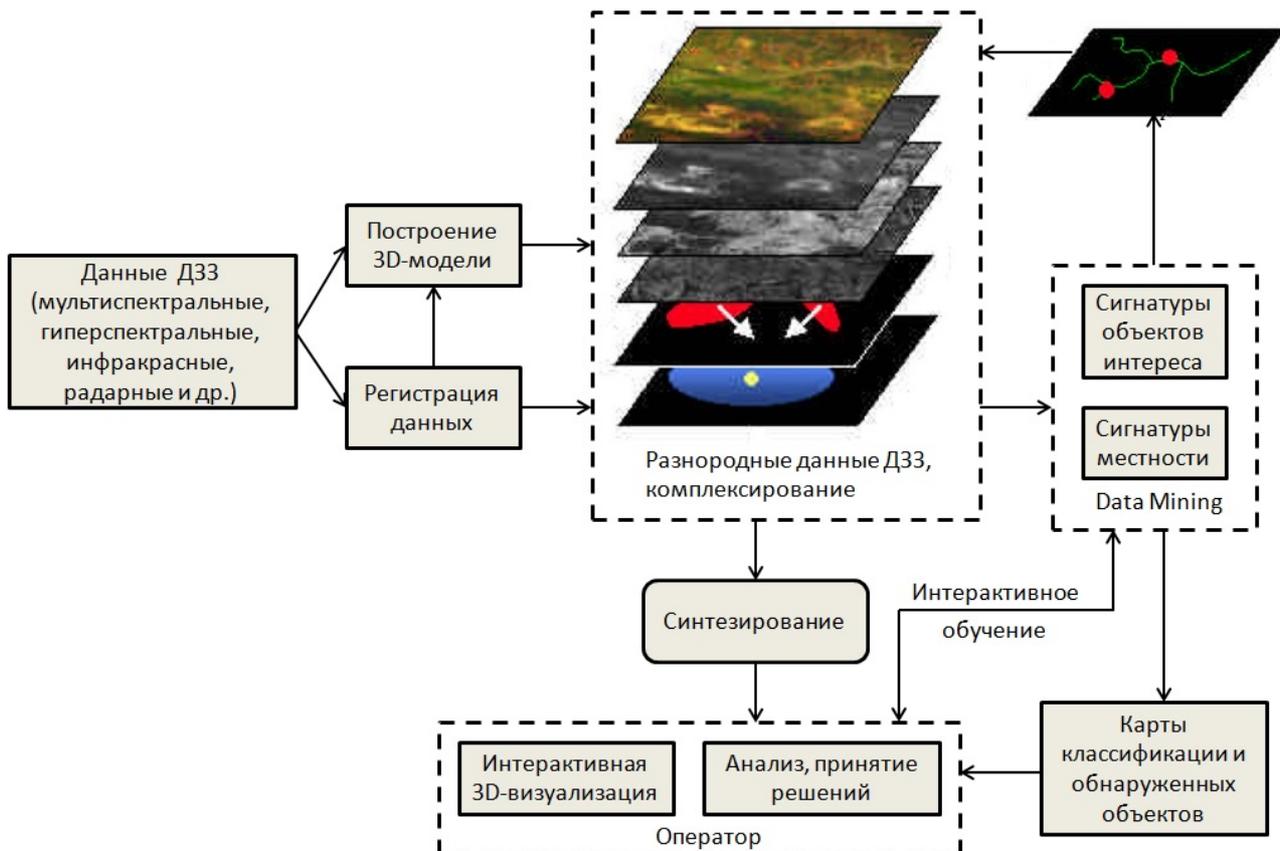


Рис. 1. Концепция комплексирования данных

Цепь обработки включает в себя набор модулей, некоторые из которых включают в себя коммерческие инструменты (для получения, ортотрансформирования, векторизации изображений и т.д.), а также специальные инструменты для улучшения, извлечения пространственно-спектральных характеристик, интеллектуального анализа данных и т.д. Данный подход может совершенствоваться, так как новые системы ДЗЗ могут обеспечить исходные данные для комплексирования, синтеза и анализа, а также могут быть добавлены специальные функции для «добычи» новых данных. Могут быть также использованы различные методы обнаружения изменений.

Результаты комплексирования и анализа данных представляются в виде 3D, 2D-изображений и тематических карт классификации и изменений (могут быть преобразованы в векторные карты).

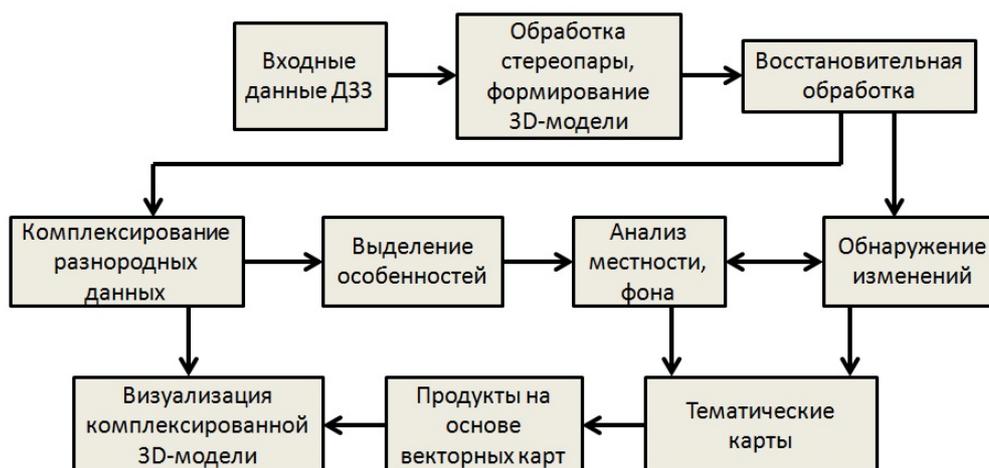


Рис. 2. Последовательность обработки, направленной на комплексирование и интеллектуальный анализ данных

Литература

- 1 Журавель Ю.Н., Федосеев А.А. Особенности обработки гиперспектральных данных дистанционного зондирования при решении задач мониторинга окружающей среды // Компьютерная оптика. Т.37. № 4. 2013. С. 471–476.
- 2 Михеев С.В., Федосеев А.А., Головнин О.К. Технология Data Mining в задачах прогнозирования развития транспортной инфраструктуры [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 1. – URL: <http://www.science-education.ru/107-8153/>.
- 3 Михеева Т.И. Data Mining в геоинформационных технологиях // Вестник Самарского гос. техн. ун-та. Серия «Технические науки» №41. Самара: СамГТУ, 2006. С.96-99.
- 4 Schowengerdt, R. Remote Sensing: models and methods for image processing, Vol 3. Technosphaera. – Moscow, 2010. - 560 p.
- 5 Waxman, A. et al. Information fusion for image analysis : Geospatial foundations for higher-level fusion, in 5-th International Conference on Information Fusion, Annapolis, 2002. - Pp. 60 - 67.

Н.С. Шорохов, В.Б. Гуменников, В.Г. Волик

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАССТОЯНИЯ ДО ОТЦЕПА НА СОРТИРОВОЧНЫХ СТАНЦИЯХ МЕТОДОМ ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОГО АНАЛИЗА

(Самарский государственный университет путей сообщения)

Рельсовые линии подгорочного парка сортировочных станций можно рассматривать как однородную двухпроводную линию с равномерно распределенными параметрами (рисунок 1) [1]:

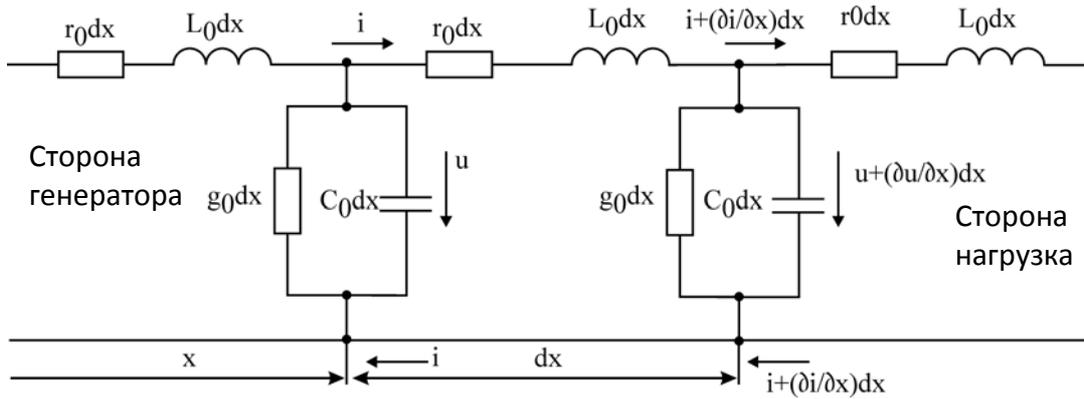


Рис. 1. Рельсовая линия в виде однородной двухпроводной линии

Эту однородную линию можно описать с помощью уравнений с гиперболическими функциями:

$$U = U_1 \cdot ch \gamma x - I_1 \cdot Z_C \cdot sh \gamma x \quad (1)$$

$$U = I_1 \cdot ch \gamma x - \frac{U_1}{Z_C} \cdot sh \gamma x$$

, где x – расстояние, отсчитываемое от начала линии, γ – коэффициент распространения волны.

Если выходное сопротивление источника питания равно волновому сопротивлению рельсовой линии $Z_{coz} = Z_C$, то линия работает в режиме согласованной нагрузки, при этом, если мнимые части сопротивлений равны по модулю, но противоположны по знаку расход мощности в линию будет минимальным. В режиме согласованной нагрузки уравнение линии упростится:

$$U = U_2 \cdot e^{\alpha y} \quad (2)$$

$$I = I_2 \cdot e^{\alpha y}$$

Из уравнений 2 видно, что при согласованной нагрузке отраженной волны не будет. Действующие значения напряжения и тока из-за потерь в линии не остаются постоянными. $U(x)$, $I(x)$ постепенно уменьшаются к концу линии (рис. 2):

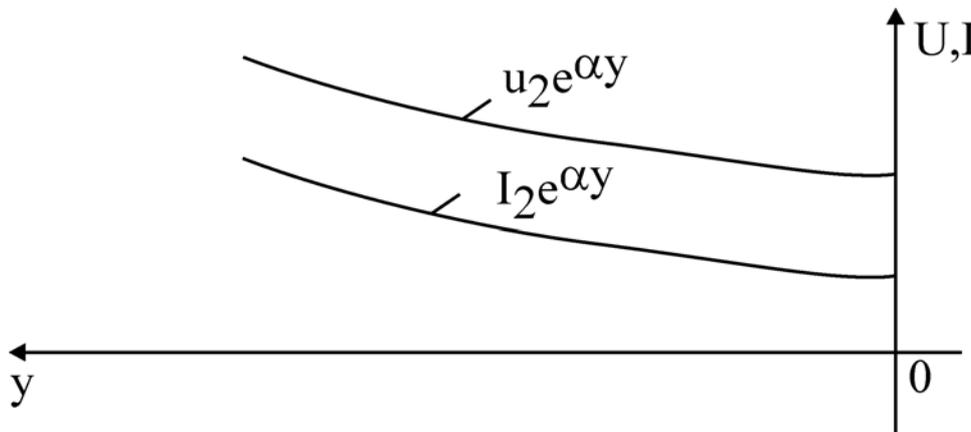


Рис. 2. Изменение потерь тока и напряжения вдоль рельсовой линии



Мощность в любом сечении рельсов определится:

$$P = U \cdot I \cdot \cos \theta = \frac{U^2}{Z_c} \cdot e^{2\alpha y} \cdot \cos \theta \quad (3)$$

где θ - угол сдвига фаз между напряжением и током. Эта мощность уменьшается по мере удаления от начала линии, так как на каждом элементе длины линии

$$dP = 2 \cdot \alpha \cdot \frac{U^2}{Z_c} \cdot e^{2\alpha y} \cdot \cos \theta \cdot dy = (r_0 I^2 + g_0 U^2) dy \quad (4)$$

Мощность потерь равна сумме потерь в сопротивлении рельсов и в проводимости изоляции на элементе линии dx . При согласованной нагрузке вся мощность волны, достигшей конца линии, поглощается в нагрузке. Поэтому согласование нагрузки одна из главных задач, которую необходимо решать при применении метода экспоненциального анализа, для исключения появления отраженных и стоячих волн.

Суть метода экспоненциального анализа в следующем - каждую рельсовую линию подгорочного парка сортировочной станции закорачивают нагрузкой, после чего со стороны генератора посылаются ряд тестовых импульсов $I=f(e^x)$, которые пройдя по рельсовой петле, снимаются в аналоговой форме с бесконтактного датчика [2,3]. При этом информативным параметром является длительность "затяжки" заднего фронта импульсного сигнала τ , которая зависит от величины индуктивности рельсовой петли. Затяжка заднего фронта импульсов масштабируется и оцифровывается (рисунок 3).

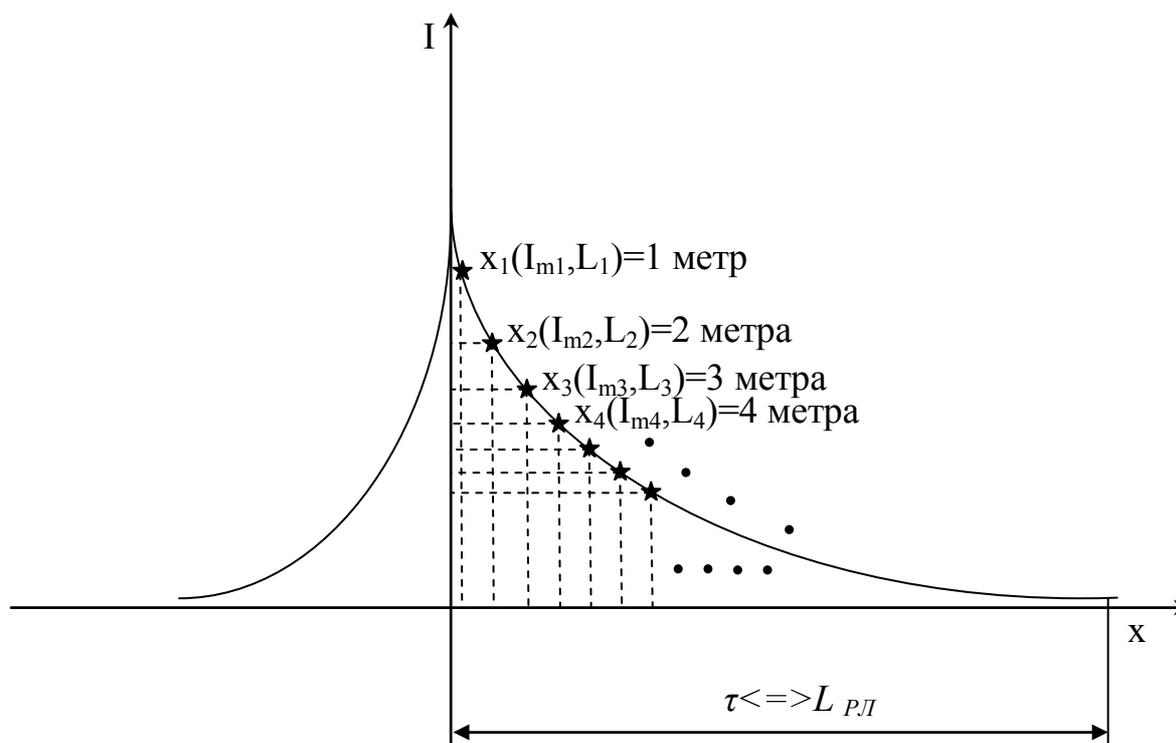


Рис. 3. Усредненный масштабированный задний фронт экспоненциального импульса



Так как между генератором импульсов и концом контролируемого пути, при начальной настройке отсутствуют отцепы, то длина "затяжки" заднего фронта τ будет однозначно соответствовать полной индуктивности всей рельсовой петли $L_{PД}$. Оцифрованные значения "затяжки" импульса в каждом узле усредняются и сохраняются.

Если длина контролируемой рельсовой линии 1000м, то разделив $L_{PД}$ на 1000 получим индуктивность в одном метре рельсовой линии $x_i(I_{mi}, L_i)=1$ метр. Если на контролируемом пути окажется отцеп то "затяжка" заднего фронта τ_i у него будет меньше чем τ (рисунок 4), и можно однозначно сделать вывод о индуктивности между местом включения генератора экспоненциальных импульсов и последним шунтом отцепа L_i , а следовательно и о расстоянии до него $x_i(I_{mi}, L_i)$.

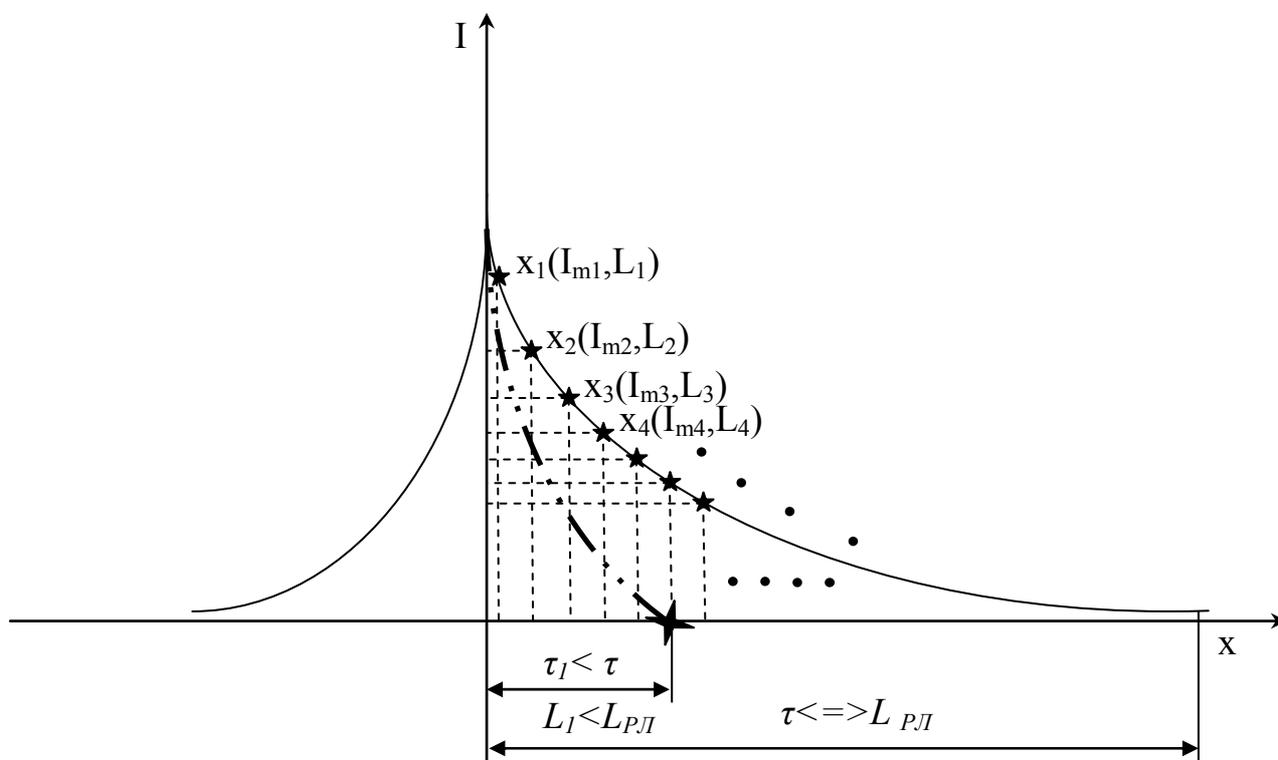


Рис. 4. Определение расстояния до отцепа по затяжке заднего фронта

Таким образом, теоретическая погрешность составит 1 метр. Изменяя частоту импульсов генератора, можно контролировать координату скатывающегося отцепа, а так же его скорость с помощью современной вычислительной техники.

Литература

1. Колотов, О.С. Переходные процессы в длинных линиях / О.С. Колотов, А.В. Матюнин. –М.: МГУ, 2007.-19с.
2. Федоров Н.Е., Шорохов Н.С., Есина Е.В. Устройство определения параметров движения // Патент на изобретение № 2457970 от 10.08.2012.
3. Федоров Н.Е., Шорохов Н.С., Есина Е.В., Ширинов И.Р. Способ определения параметров движения поезда // Патент на изобретение № 2463188 от 10.10.2012.



МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ ОБУЧАЮЩИЕ ПРОГРАММЫ

Е.В.Алексанова

ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДА ЛЕЙТНЕРА В ВИДЕ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫХ СЛОВ

(Самарский государственный архитектурно-строительный университет)

В современном мире каждый образованный человек должен знать не менее двух языков. На их изучение нужно много времени, а заниматься приходится каждый день. Одним из основных аспектов в изучении иностранного языка является пополнение своего словарного запаса. Сейчас для эффективного запоминания и повторения слов широко используется метод с помощью карточек по системе Лейтнера. Эта система — простое применение принципа интервальных повторений, где карточки повторяются через увеличивающиеся интервалы. Но постоянно носить с собой эти карточки крайне неудобно. Решением данной проблемы становится разработка системы, которая будет реализовывать этот метод через электронные карточки на тех устройствах, которые человек всегда носит с собой (смартфоны, планшетные компьютеры).

Объектом проектирования является мобильное приложение на платформе Android.

Цель работы – разработка информационной системы для запоминания слов английского языка на основе метода Лейтнера в виде мобильного приложения. Данное приложение тренирует не только словарный запас, но и память.

Немецкий Г. Эббингауз первым начал изучать феномен забывания информации.

Он обнаружил, благодаря своему эксперименту, что мы забываем около 75% информации через 48 часов после изучения. Уже спустя 20 минут мы забываем 42% информации. После 8 суток мы помним только 20% информации. Как видно из этих цифр, небольшой процент информации все-таки сохраняется в памяти. Следовательно, можно избежать забывания информации, если фокусировать внимание на той части информации, которая забывается [1].

Себастьян Лейтнер, немецкий психолог, в начале 70 годов 20 века представил систему, которая как раз учитывает открытие Г. Эббингауза о том, что информация забывается неоднородно - что-то забывается быстро, что-то, напротив, долго держится в памяти. С. Лейтнер предложил практический метод для запоминания слов с меньшими усилиями, чем простое повторения флэш карточек, перебирая постоянно одну за другой [2].

На данный момент существует несколько программ для запоминания слов, реализующих метод интервальных повторений. Например, Anki - когда



необходимо повторить запоминаемый материал, программа предоставляет часть карты с вопросом, который пользователь должен вспомнить. Потом он смотрит «ответ» и указывает программе оценку, свидетельствующую о том, как хорошо он помнит представленную карточку. Программа меняет интервал повторения согласно используемому алгоритму [3]. Но в этой программе возникает необходимость в правильной установке встроенных часов, то есть необходимо синхронизировать время с интернетом. А также карточка представляет собой лишь два поля «Вопрос» и «Ответ».

Или же другое приложение MemoCards, где в качестве самоконтроля пользователю по очереди предъявляются карточки с изученными словами, которые он должен вспомнить и нажать на кнопку «Да, вспомнил» или «Забыл» [4]. Данное приложение реализовано на платформе iOS.

На основе системы Лейтнера разрабатывается мобильное приложение «English Trainer» для эффективного изучения слов английского языка на платформе Android с использованием Libgdx. Libgdx - фреймворк для разработки игр и приложений с использованием языка программирования Java. Он обеспечивает кроссплатформенность приложений [5].

На данном этапе разработки приложение имеет стартовый экран, с которого по выбору пользователь может перейти в один из трех разделов: «Словарь», «Повторение», «Тренировка».

В разделе «Словарь» пользователь может добавить или удалить словарную карточку. Сама словарная карточка состоит из слова, перевода, фразы на русском с использования этого слова на английском, счетчика запоминания (Например: слово: table; перевод: стол; фраза: я сижу за table). Словарные карточки сохраняются в JSON файл. Каждая карточка слова имеет соответствующий счетчик повторения (от 1 до 4), который соответствует интервалам: 1 – карточка ежедневно повторяется, 2 – еженедельно, 3 – ежемесячно, 4 – каждые полгода. Пользователю предлагается составить свой словарь иностранных слов, предложение с ним, а также планируется назначить слову определенный цвет, в зависимости от того, к какой части речи его отнесет пользователь.

Раздел «Повторение» дает возможность пользователю запомнить или вспомнить всю словарную карточку. На экране появляется все содержание конкретной карточки, а затем, после нажатия кнопки «Далее», появляется следующая карточка слова. На блок-схеме показана логика данного раздела.

Во время изучения слов, в разделе «Тренировка», пользователь вводит перевод появившегося на экране английского слова, затем система проверяет правильность этого перевода, и в случае положительного ответа увеличивает счетчик запоминания. Если же ответ неверный, то счетчики повторения и запоминания обнуляются.

Также, чтобы исключить сам факт забывания о тренировки слов, приложение будет каждый день напоминать пользователю о том, что необходимо пройти эту тренировку.

Данное приложение имеет ряд особенностей:

1. Оно основано на методе Лейтнера.



2. Помимо интервальных повторений, словарная карточка имеет также и счетчик запоминания слова (от 1 до 4).

3. Словарная карточка содержит фразу на русском языке, с использованием изучаемого английского слова, для того что бы его запоминание происходило эффективнее, нежели обычная «зубрежка».

4. Так же для легкого запоминания каждое слово будет иметь определенный цвет, в зависимости от того, к какой части речи оно относится.

5. Благодаря вводу слова в разделе «Тренировка», пользователь не только запомнит слово, но и научится правильно его писать.

6. Приложение сможет собирать статистику трудно запоминаемых слов для пользователя.

7. Благодаря Libgdx приложение имеет яркий интерфейс.

8. Кроссплатформенность - может быть запущено как на мобильном устройстве, так и на ПК.

9. Ориентировано на широкий круг пользователей.

В ходе разработки приложения были выполнены следующие действия:

- изучен метод Лейтнера;
- сделан сравнительный обзор аналогичных работ;
- изучен синтаксис высокоуровневого языка программирования JAVA;
- изучены особенности работы с Libgdx;
- так как изначально Libgdx не поддерживает кириллицу, в программе была реализована эта возможность, с помощью написания соответствующего кода.

Направление дальнейшей работы: сделать данное приложение адаптивным для пользователя, чтобы он смог настроить его под себя. Для этого необходимо взять несколько групп пользователей и для каждой из них установить конкретный счетчик повторения. Затем, путем проведения опроса, выявить, является ли конкретный счетчик повторений индивидуальной характеристикой, ведь для кого-то для запоминания слова достаточно трех повторений, а кому-то для этого нужно повторить слово шесть раз.

Готовое приложение будет выпущено в тестовом варианте (с возможностью ограниченного добавления слов) и протестировано с помощью пользователей, относящихся к разным возрастным группам.

Литература

1. Метод Лейтнера [Электронный ресурс]: URL: <http://mnemomethods.ru/page>
2. Система Лейтнера [Электронный ресурс]: URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/ Система_Лейтнера](https://ru.wikipedia.org/wiki/Система_Лейтнера)
3. Anki [Электронный ресурс]: URL: <http://ankisrs.net/>
4. MemoCards [Электронный ресурс]: URL: <http://www.ixbt.com/news/soft/index.shtml?16/36/88>
5. Oehlke, A. Learning Libgdx Game Development [Текст]/ A. Oehlke /UK, Birmingham: Packt Publishing Ltd, 2013. 8 p.



Е.А. Василевская

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ВЫГОРАНИЯ МЕНЕДЖЕРОВ

(Тольяттинская академия управления)

В последние годы большое внимание стала привлекать проблема профессионального выгорания всех уровней управления, как риск снижения эффективности их деятельности и деятельности всей организации в целом.

Профессиональное выгорание представляет собой синдром, развивающийся на фоне хронического стресса и ведущий к истощению эмоционально-энергетических, личностных ресурсов работающего человека, возникающий в результате внутреннего накапливания отрицательных эмоций.

Синдром профессионального выгорания в управленческой деятельности появляется как сложный феномен, его протекание носит сложный, неоднозначный характер. С одной стороны, многие особенности профессиональной деятельности управленцев относятся к факторам риска развития данного феномена. С другой стороны, управленческая деятельность характеризуется чертами, выступающими в качестве своеобразного буфера для развития психического выгорания.

В течение профессионального становления меняются жизненные и профессиональные планы, происходит смена социальной ситуации, ведущей деятельности, перестройка структуры личности. Поэтому возникает необходимость разделения данного процесса на периоды или стадии, группировку фаз:

1. Оптация – формирование профессиональных намерений;
2. Адаптация – вхождение в профессию и привыкание к ней;
3. Фаза интернала – приобретение профессионального опыта;
4. Мастерство – квалификационное выполнение трудовой деятельности;
5. Фаза авторитета – достижение профессионалом высокой квалификации;
6. Наставничество – передача профессионалом своего опыта.

Траектория и темп профессионального становления личности полимодальны и зависят от возраста, пола и стадий становления профессионализма.

Гипотетически можно выделить наиболее часто встречающиеся варианты сценариев:

1. Плавное замедление профессионального развития;
2. Стагнирующее профессиональное развитие. Траектория характеризуется длительными периодами профессионального застоя;
3. Спад профессиональной активности;
4. Достижение вершинных достижений в профессии;
5. Кардинальное изменение траектории развития;
6. В отдельных случаях – катастрофа.



Изменение темпа и вектора развития происходит в основном при смене стадий становления личности в профессиональной деятельности. Процесс личностного развития выражается в росте его профессиональной компетентности через преодоление кризисов компетентности и выходе на новые ценностные и смысловые уровни. За период активной профессиональной жизни таких уровней несколько и каждый происходит ценой внутренних и внешних разрушений.

Поэтому, в системе рыночных отношений профессиональное долголетие становится базовым свойством человека, его субъективной ценностью, экономическим фактором, что предусматривает сохранение компетентных профессионалов высокого уровня, чье психофизическое состояние определяет стабильность результатов их труда. Поскольку профессиональная деятельность обусловлена не только социально-экономическими и политическими особенностями общества, но также зависит от индивидуальных особенностей людей, взаимодействующих в системе «человек-человек».

Как отмечалось выше, управленческая деятельность отличается сложным, многоплановым характером, что определяется множеством требований к технологической и коммуникативной компетентности менеджера. С одной стороны, управленческие отношения продиктованы социально-экономическими и политическими особенностями общества. С другой, управленческие отношения складываются между людьми и поэтому обусловлены особенностями их сознания.

Деятельность менеджера характеризуется высокой интенсивностью, насыщенностью действий, частым вмешательством внешних факторов, широкой сетью контактов разного уровня, преобладанием непосредственного речевого (устного) общения с другими людьми.

В условиях рыночной экономики и жесткой конкуренции деятельность менеджера насыщена множеством экономических, организационных и социально-психологических стрессов (Кричевский).

К основным функциям менеджеров относятся: планирование, прогнозирование, организация и координация взаимодействия подчиненных, принятие решений, контроль. Помимо сугубо производственных функций и связанных с ними формальных отношений, характеризующихся высокой когнитивной сложностью, большой удельный вес в менеджерской деятельности имеют социально-психологические функции (они связаны с «человеческим фактором» и неформальными отношениями в коллективе): коммуникативные, воспитательные, дисциплинарные, психотерапевтические и др. Последние, в свою очередь, могут характеризоваться особой эмоциональной напряженностью (Свенцицкий). Сложный и ответственный характер деятельности менеджера обуславливает наличие различных стрессогенных ситуаций, которые создают предпосылки для возникновения синдрома психического выгорания[1].

В процессе работы менеджера 80% проблем связаны с человеческим фактором. К наиболее часто встречающимся трудным ситуациям являются агрессивное, высокомерное, замкнутое (скрытное) и грубое поведение клиентов, а к наиболее трудным клиентам – агрессивных и замкнутых. эмоциональное исто-



щение менеджеров способствует пассивности («уходу» от проблем), избеганию ответственности за изменение ситуации переговоров, манипуляции и дистанцированию от клиента[2].

Что приводит к возникновению негативных переживаний и неудовлетворенности работой, к манипулятивному поведению, неискренности, холодности и отстраненности в общении с клиентами, уходу от конструктивного разрешения проблемных ситуаций и др. Чем больше неуверенность и неудовлетворенность своими профессиональными результатами (редукция личных достижений), тем сильнее и чаще негативные переживания при собеседовании с клиентами. И наоборот, чем чаще возникают профессионально трудные ситуации и выше интенсивность собеседований (их число), тем напряженнее психологическая защита. Что усиливает состояние эмоционального выгорания.

Уменьшение трудных ситуаций зависит от профессионализма менеджеров, от их способностей и умений влиять на поведение клиентов с использованием эффективных техник делового общения, техник психологической разгрузки сразу же после подобных трудных ситуаций или в конце рабочего дня. Что требует высокого мастерства делового и межличностного общения (психологической компетентности), самоконтроля и самоорганизации. Речь, по существу, идет о необходимости создания психокоррекционных мероприятий, направленных на противодействие выгорания менеджеров и овладение ими техниками и приемами психической саморегуляции.

Литература

1. Водопьянова Н. Е., Серебрякова А. Б., Старченкова Е. С. Синдром «психического выгорания» в управленческой деятельности // Вестник СПбГУ. Сер. 6. 1997. Вып. 2 (№ 13).
2. Водопьянова Н. Е. Синдром «психического выгорания» в коммуникативных профессиях // Психология здоровья / Под ред. Г. С. Никифорова. СПб., 2000.

С.Н. Гашигуллина

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ КАК ИНСТРУМЕНТ ПРАКТИЧЕСКОГО ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ НА ПРИМЕРЕ ТОЛЬЯТТИНСКОЙ АКАДЕМИИ УПРАВЛЕНИЯ

(Тольяттинская академия управления)

Одной из основных компетенций, формируемой у студентов Тольяттинской академии управления за период обучения, является управление проектами. Для передовой реализации данной деятельности [управления проектами] обучающиеся осваивают инструменты работ в различных информационных системах управления проектами (далее ИСУП).

Управление проектом – это особый вид деятельности, направленный на реализацию поставленной цели и включающий в себя планирование и органи-



зацию всех сопряженных процессов, распределение ресурсов, контроль этапов и сроков работ. Все вышеперечисленные характеристики легли в основу программного обеспечения, интернет-платформ и иных сервисов, разработанных специально для оперативного управления проектами.

1. Ключевые возможности использования ИСУП и её распространение

Программное обеспечение, разработанное для управления проектами, решает задачи по упрощению планирования, организации деятельности и ее контролю и, в связи с этим, имеет определенный перечень возможностей. Самыми основными из них являются:

- создание отдельных проектов;
- наличие гибкой возможности предоставления права доступа;
- создание списков задач с возможностью комментирования, указания прогресса выполнения задачи и учета затраченного времени;
- наличие внутреннего мессенджера для обмена сообщениями между участниками проекта;
- возможность хранения проектной документации и прикрепления ее к отдельным задачам;
- наличие календаря с указанием ключевых вех по проекту;
- визуальное представление деятельности проекта (например, диаграмма Ганта);
- возможность подготовки различных типов отчетов и др.

Сегодня ИСУП используется практически в каждом типе бизнеса, не зависимо от его специализации и величины. Именно вариативность различных ИСУП предоставляет такую возможность не только крупным корпоративным клиентам, но и индивидуальным предпринимателям. Различные ИСУП используются такими ведущими корпорациями, как Adobe Systems, PayPal, HTC Corporation, (используется ИСУП Wrike) так и компаниями, работающими на локальном уровне, например, Тольяттинская академия управления (используется ИСУП Zoho Projects).

2. Использование ИСУП

в НОУ ВПО «Тольяттинская академия управления».

В Тольяттинской академии управления (далее – Академия) используется ИСУП Zoho Projects в течение уже более двух лет по следующим основным направлениям:

1. Отслеживание и контроль исполнения задач, поставленных отделом внутреннего аудита.
2. Использование ИСУП Zoho Projects для управления текущими проектами.

Необходимо отметить, что у отдельных подразделений Академии находятся в работе проектные направления деятельности, управление которыми осуществляется с помощью ИСУП Zoho Projects. Это позволяет сотрудникам эффективнее работать над проектами, в том числе над теми, в реализации которых участвуют несколько подразделений или задействованы студенты. (Примером этого может служить проект летнего лагеря-форсайта «Самарский регион 2034», который был организован и проведен студентами и сотрудниками Ака-



демии. Все задачи по проекту и процесс их выполнения фиксировался в ИСУП Zoho Projects, и дистанционно, благодаря данному программному обеспечению, отслеживался главным координатором проекта). Рассмотрим подробнее процесс ознакомления студентов с ИСУП Академии.

Процесс включения использования ИСУП студентами Академии происходит постепенно. Первым шагом становится ознакомление с ИСУП Basecamp. Данная система имеет ограниченную функциональность, но является более простой в использовании. Студентам открывается доступ к одному из проектов на данной платформе и выдается задание. Например, необходимо найти выложенный на платформе документ, выполнить его инструкции и прикрепить отчет о проделанной работе. Далее работа на этой платформе может быть приостановлена или продолжена. Следующим этапом является включение студентов в работу ИСУП Zoho Projects. На данной платформе студенты работают совместно с сотрудниками Академии или под их руководством. Постепенно студентам поручаются отдельные задания по работе на этой платформе, кроме этого расширяется набор используемых ими инструментов. Также возможно полное ведение проекта в ИСУП единолично студентами в случае необходимости данной платформы и их грамотного владения системой. Такой процесс ознакомления с ИСУП обеспечивает плавное освоение систем данных типов студентами и подготавливает их к дальнейшей работе с другими видами подобного программного обеспечения. В итоге, такое интегрированное обучение позволяет студентам освоить навыки и компетенции, необходимые для работы в высокотехнологичных компаниях.

Мы рассмотрели процесс практического обучения студентов, использовавших ИСУП в негосударственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Гольяттинская академия управления». Опираясь на предоставленные аргументы, можно сделать вывод, что использование современного, необходимого для работы программного обеспечения в практических целях с учебной задачей овладения ИСУП, является эффективным решением. Во время данной учебной деятельности студенты овладевают всеми навыками, необходимыми для работы с различными видами ИСУП, что упрощает процесс освоения иных продуктов данного типа в дальнейшей практике.

Литература

1. Богданов, В.В. Управление проектами. Корпоративная система — шаг за шагом / В.В. Богданов. — М. : Манн, Иванов и Фербер, 2012. — 248 с.
2. Lock D. Project Management / D. Lock, Gower Publishing Ltd. – 9th ed., 2007. — 650 p.



А.О. Григорьев

ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ПОДДЕРЖКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ И АДМИНИСТРАТОРОВ ДИСТАНЦИОННОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ «3DUCATION»

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Системы дистанционного обучения в последнее время находят широкое применение в образовательной сфере, так как их использование имеет ряд существенных преимуществ по сравнению с классическими методами: доступность; высокая степень гибкости как в плане формирования индивидуальной траектории обучения с учетом личных особенностей студента, так и в плане отсутствия жесткого графика; уменьшение временных и финансовых затрат на обеспечение образовательного процесса. Тем не менее дистанционное обучение может не дать ожидаемого результата, если обучаемому не хватает мотивации и дисциплинированности, чтобы уделять обучению достаточно внимания. Эта проблема становится еще более серьезной, когда речь идет о школьниках, еще не выработавших необходимые качества.

Именно поэтому ключевой особенностью системы «3Ducation», предназначенной для использования учениками Школы информатики СГАУ, стало применение в образовательном процессе игрового подхода. Технология виртуальных миров позволяет использовать разнообразные средства мультимедиа для того, чтобы сделать занятия более увлекательными и интересными для школьника, тем самым повышая его мотивацию к обучению.

Вместе с тем нормальное функционирование столь сложной системы требует наличия вспомогательных программных средств, осуществляющих всестороннюю поддержку деятельности пользователей и администраторов системы и удовлетворение потребностей, возникающих у них в процессе обучения. К таким средствам относятся следующие задачи: авторизация пользователей в системе, средства информационной поддержки, средства контроля и самоконтроля, средства поддержки системы в актуальном состоянии. Учитывая, что система находится в состоянии постоянного развития и совершенствования, разумно разработать средства, облегчающие ее сопровождение и модификацию без изменения исходного кода при минимальных требованиях к знаниям о внутреннем устройстве и реализации системы. Разработка этих программных средств значительно повысит удобство использования системы пользователями и администраторами, что особенно важно для образовательных систем, используемых школьниками, так как они не должны требовать большого опыта работы с персональным компьютером.

При разработке *подсистемы авторизации* был принят во внимание тот факт, что система «3Ducation» входит в информационное пространство Школы информатики СГАУ и активно обменивается данными с некоторыми другими



системами, в частности, с «Автоматизированной информационной системой (АИС) ШИ СГАУ». В связи с этим автором была применена технология единого входа, разработанная на основе широко известного механизма OpenID.

Средства информационной поддержки пользователя предназначены для того, чтобы помочь ему ознакомиться с основными функциями системы, а также научиться применять их при работе с ней. Для достижения этих целей в системе разработаны два демонстрационных режима:

1) Режим «Видео» позволяет ученику просмотреть небольшой видеоролик с записью игрового процесса, узнав о возможностях системы.

2) Режим «Демо» предоставляет пользователю самостоятельно ознакомиться с работой системы, используя демонстрационную версию с ограниченными возможностями.

Средства контроля и самоконтроля играют важную роль в организации образовательного процесса. Они позволяют выявить сильные и слабые стороны пользователя, определить темы, которые требуют углубленного изучения, и сформировать индивидуальный курс обучения, позволяющий в полной мере реализовать способности ученика. Кроме того, возможность наблюдать за своим прогрессом в обучении является важным фактором в повышении мотивации ученика. Вся информация о деятельности ученика в системе «3Ducation» отображается на странице его профиля, изображенной на рис. 1.

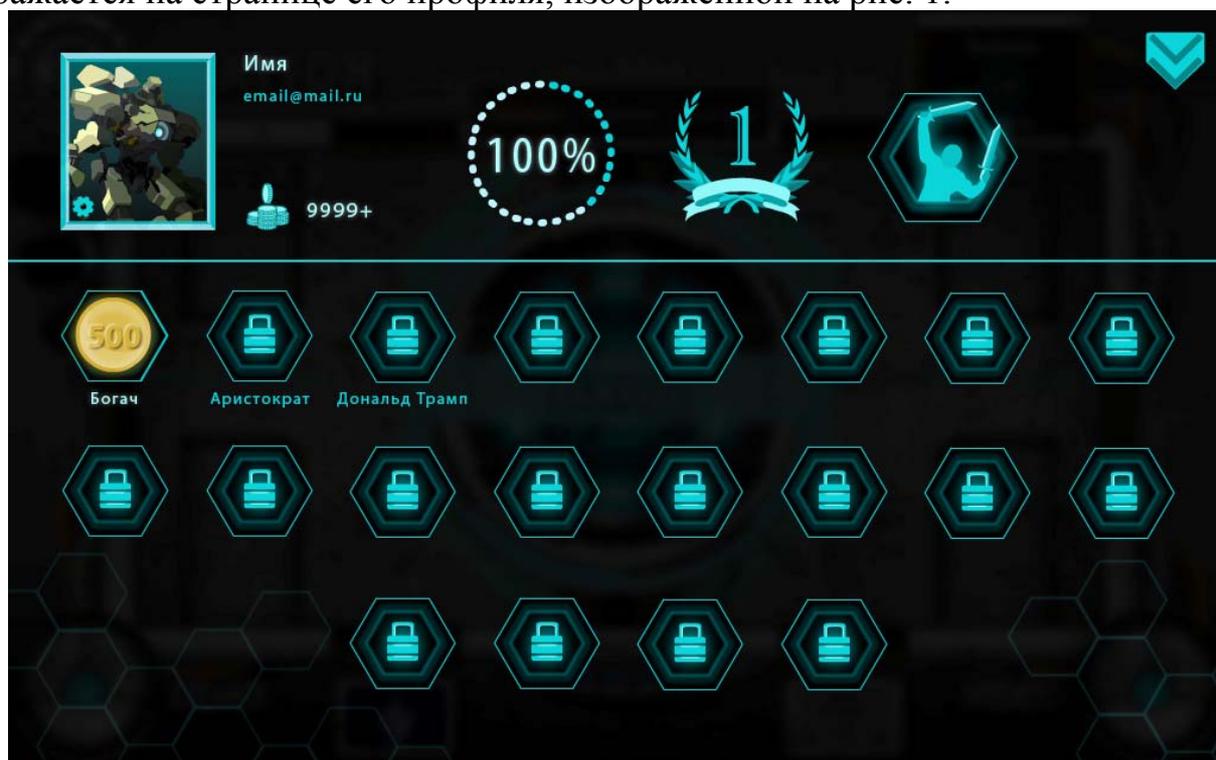


Рис. 1. Веб-страница просмотра профиля пользователя

На ней отображаются следующие сведения:

– *список достижений* обучаемого, полученных за выполнение определенных условий. Важно отметить, что большая часть достижений требует определенных усилий для их получения, создавая вызов игроку и тем самым повышая его мотивацию. В то же время некоторые достижения могут быть получе-



ны по ходу обучения любым пользователем, так что система достижений поощряет также и менее способных учеников, чтобы не допустить возникновения отрицательной мотивации;

– *рейтинг обучаемого*, позволяющий ученику сравнить свой прогресс в обучении с прогрессом других учеников. Такая возможность добавляет в образовательный процесс элемент соревнования, что положительно сказывается на интересе пользователей к системе;

– *прогресс обучаемого* в прохождении учебных курсов, выраженный в процентном отношении (количество успешно пройденных лекций и тестов к их общему числу). В системе «3Ducation» хранится полная информация о действиях ученика, так что тот может ознакомиться с подробным описанием своих результатов, вплоть до того, какие конкретно ответы он дал при попытке прохождения теста и были ли они корректны. Эта информация позволяет определить, какие темы требуют более подробного изучения, а также наблюдать за развитием ученика с течением времени.

Наконец, *средства обеспечения актуальности* системы позволяют администратору редактировать информацию, публикуемую на веб-сайте системы, используя удобный веб-интерфейс (см. рис. 2) вместо работы с исходным кодом системы или с ее базой данных. Администратору доступны для редактирования следующие разделы системы:

– «Авторы», в котором отображаются сведения о разработчиках проекта (на рис. 3 приведен пример страницы сайта);

– «Скриншоты», в котором приведены экранные формы основных страниц сайта;

– «Награды», в котором находятся фотографии дипломов и грамот, полученных разработчиками за представление их работ на различных конференциях и конкурсах;

– «Достижения», в котором отображены наиболее существенные результаты команды разработчиков в целом.

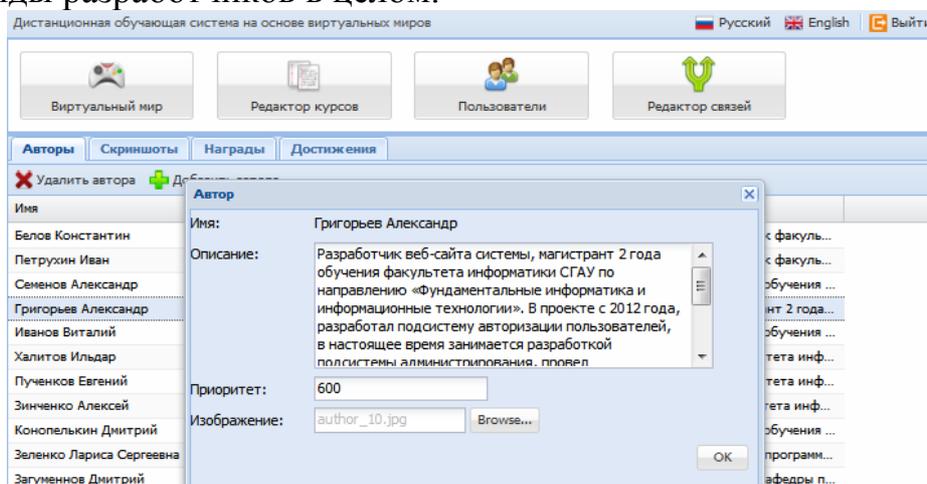


Рис. 2. Веб-интерфейс редактирования данных о системе

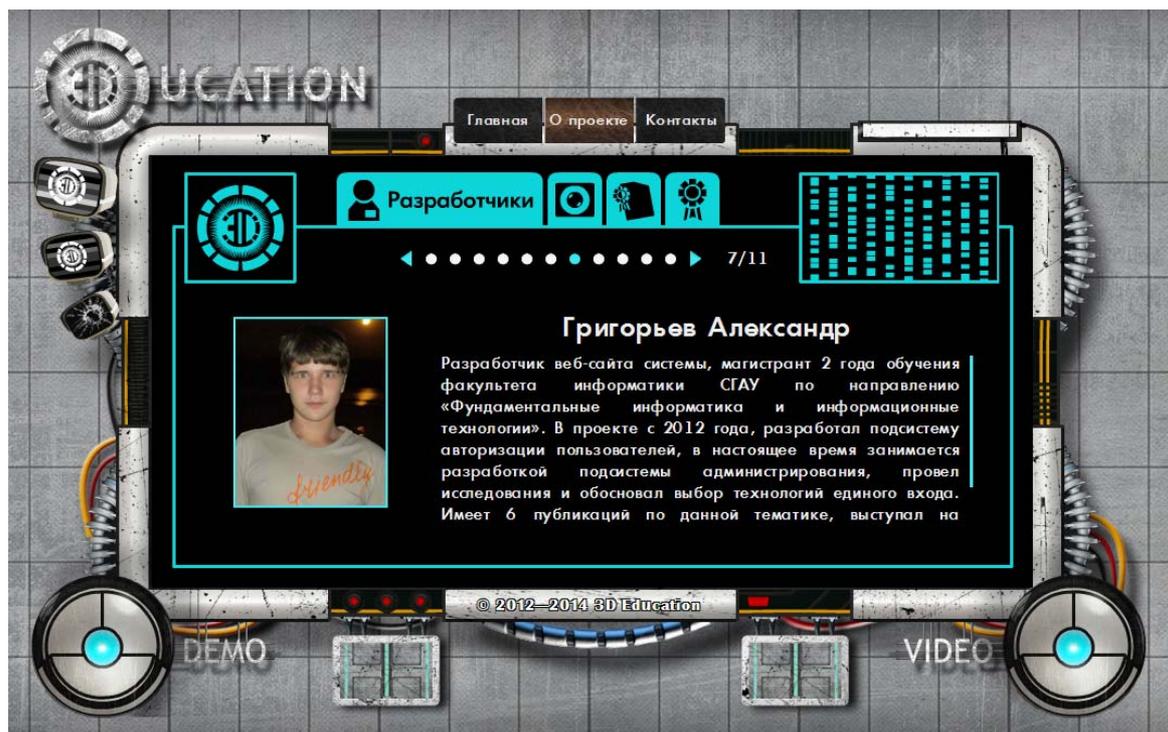


Рис. 3. Представление информации на станции сайте

Разработанные автором программные средства существенно облегчают работы по сопровождению системы, повышают надежность ее работы, обеспечивают конфиденциальность хранимых в ней данных, а также позволяют поддерживать интерес к обучению у обучаемых.

В.П. Дерябкин, С.А. Пиявский, Н.М. Пузанков

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ТЕСТИРОВАНИЯ ЗНАНИЙ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет),
Самарский государственный архитектурно-строительный университет)

Тестирование знаний — востребованный инструмент, выполняющий диагностическую, обучающую и воспитательную функцию, который используется повсеместно и не ограничивается образовательными учреждениями. Наиболее трудоемким процессом является создание качественного и полного банка тестовых вопросов, которое делается вручную, на основе тех знаний, которыми обладает лично составитель тестов [1,2]. Критериальные оценки степени полноты и усвоения декларативных и процедурных знаний обучаемым при этом субъективны и недостаточно достоверны. Решению этих проблем способствует интеллектуальная система тестирования (ИСТ), которая на основе онтологий изучаемой предметной области формирует тестовые задания и проводит соответствующее тестирование с целью выявления полноты и целостности пред-



ставления тестируемого об области представленного знания. Перспективность использования онтологий в тестировании и формировании объективных критериальных оценок отмечена в [3-5].

Структура ИСТ приведена на рисунке 1.

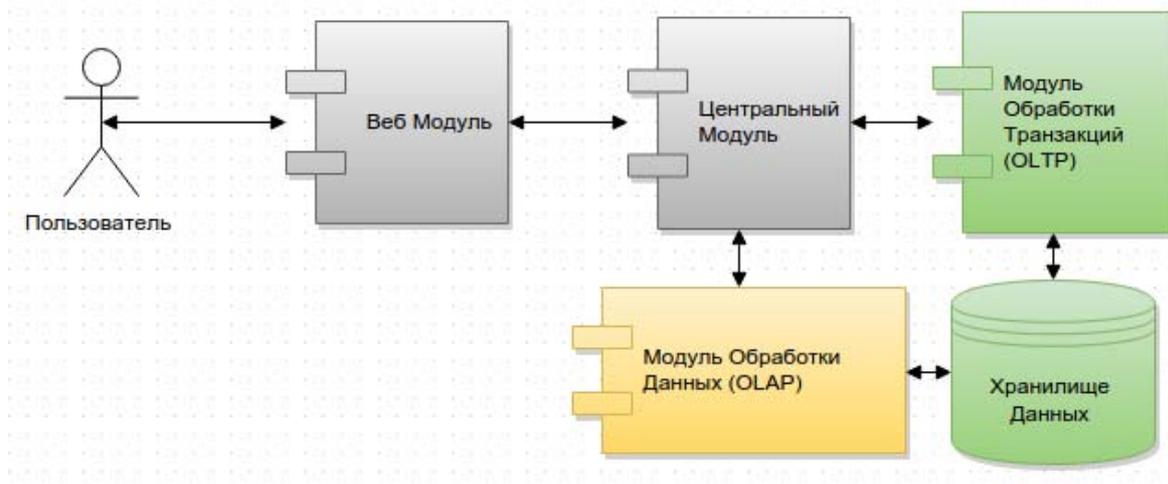


Рис. 1. Архитектура ИСТ

Веб-модуль предоставляет интерфейс для всех пользователей системы. Это может быть веб-портал для студента или преподавателя, REST-сервис для работы с внешними системами или консоль администратора.

Центральный модуль включает в себя реализацию всех бизнес процессов системы: от авторизации и аутентификации пользователей до настроек и взаимодействия с модулем обработки данных. Модуль обработки транзакций занимается работой с мелко транзакционными задачами — такими, как работа с аккаунтами пользователей, добавление новых онтологических знаний и редактирование существующих. Для хранения разнообразных онтологических данных используется документ-ориентированная система управления базами данных MongoDB. Документ-ориентированные СУБД специально предназначены для хранения иерархических структур данных, обеспечивающих удобную работу со сложными и масштабными объемами данных.

Для работы модуля обработки данных в ИС используется фреймовая структура представления знаний [6]. Введем понятие *храняемая единица знаний* в виде фрейма-прототипа, имеющего имя, стереотип и следующие слоты:

- адрес хранения;
- синонимы;
- суперклассы;
- подклассы;
- состав (агрегация):
- входимость (в агрегат верхнего уровня);
- мультимедийная информация;
- характеристики (свойства);
- ассоциации (логические связи горизонтального уровня);
- соединения (физические связи).



Семантическая сеть фреймов данной структуры позволяет хранить в базе знаний широкий набор иерархий, ассоциативных связей и аксиом ограничений на значения слотов. Алгоритмы формирования вопросов по онтологии и проведения тестирования реализованы в виде событийной схемы запуска методов классов, ответственных за реализацию фрейма и его слотов. Для перевода знаний из текущей формы представления (справочников, лекций, статей и т. д.) используется широко распространенный язык онтологии знаний OWL [7]. ИСТ, принимая на вход онтологию, выполненную в формате owl, переводит ее во фреймовую структуру и работает с ней. Реализация системы произведена средствами среды разработки IntelliJ Idea на языке программирования Java.

В качестве примера рассматривается онтология понятия *актант* языка моделирования UML, построенная по описанию семантики этого понятия [8]. Онтология представлена в двух вариантах: в owl-формате [7] и с использованием унифицированной структуры фрейма с семантической группировкой слотов. Во втором случае для обозначения отношений взята нотация UML.

По онтологической базе знаний с фреймовой структурой ИИС в соответствии с заданными настройками разрабатывает тестовый материал. Вопросы различаются по типу самого вопроса (открытый, закрытый или с вариантами ответов) и по сущностям, к которым они относятся (к связи, к экземпляру или к частному фрейму).

1. Первый тип вопросов относится к экземпляру сущности и требует ввести правильное значение для одного из атрибутов этой сущности.

Вопрос: Укажите синонимы понятия «актант»

Ответ: Актёр, actor.

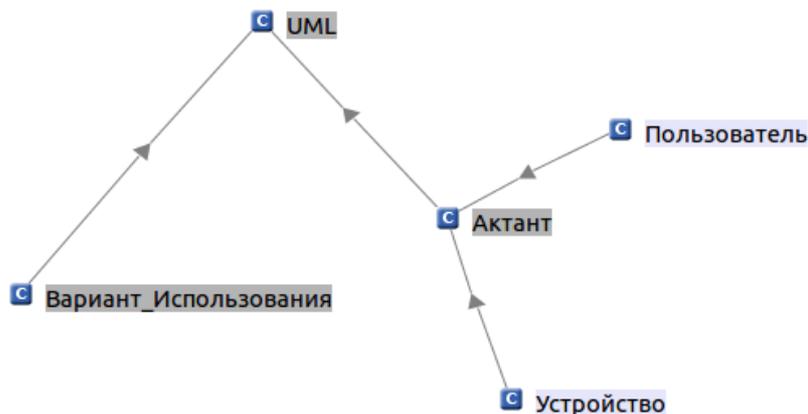


Рис. 2. Фрагмент графа иерархии понятий в онтологии актанта

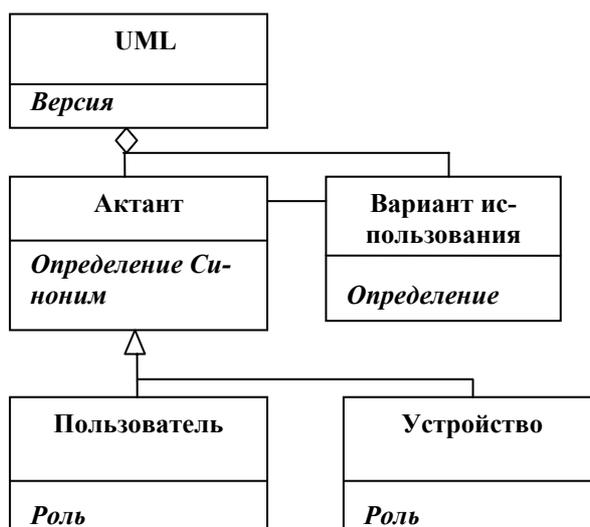


Рис. 3. Фрагмент онтологии акканта в фреймовом формате

2. Второй тип вопросов требует определить - правильное ли значение атрибута задано для экземпляра сущности.

Вопрос: Какое из определений акканта верно? (даётся несколько вариантов, в том числе несколько неверных с заменой/перестановкой части слов)

Ответ: Выбор правильного ответа.

3. В третьем виде вопросов нужно определить класс, которому принадлежит заданный экземпляр сущности.

Вопрос: Может ли устройство быть аккантом?

Ответ: Да.

4. В этом типе вопросов нужно указать взаимосвязь между двумя экземплярами разных сущностей.

Вопрос: Каким типом отношения связаны аккант и вариант использования?

Ответ: Ассоциация..

5. Здесь требуется подобрать экземпляр сущности по связи и экземпляру сущности.

Вопрос: Могут ли пользователь и устройство находиться в отношении обобщения с вариантом использования?

Ответ: Нет (так как отношение между аккантом и вариантом использования – только ассоциация, а пользователь и устройство – частные примеры акканта).

В настоящее время база знаний ИСТ расширяется до уровня одной из основных диаграмм UML – диаграммы вариантов использования (Use Case Diagram). При этом активно используется опыт изучения дисциплины «Методы и средства проектирования информационных систем».

Литература

1. Казиев В. М. Введение в практическое тестирование. — М.: Интуит.ру, Бином. Лаборатория Знаний, 2008.

2. Майоров А. Н., Теория и практика создания тестов для системы образования: Как выбирать, создавать и использовать тесты для целей образования. - М: Интеллект-Центр, 2002.



3. Норенков И.П. Интеллектуальные технологии на базе онтологий // Информационные технологии. 2010. № 1(161). С. 17-23.
4. Ларюхин В.Б., Пиявский С.А. Онтология образовательного процесса по направлению «Информационные системы и технологии» // Онтология проектирования №2(4), 2012. – с. 44-58
5. Малиновский В.П. Применение онтологий при построении тестов для проверки уровня подготовки обучаемых.
URL: <http://www.myshared.ru/slide/91256/>
6. Дерябкин В.П. Модель базы знаний интеллектуальной фреймовой среды // Перспективные информационные технологии в научных исследованиях, проектировании и обучении (ПИТ 2012): труды научно-тех. конф. Самара: Изд-во Самарского научного центра РАН, 2012. С. 164-168.
7. Protégé. URL: <http://protege.stanford.edu/>
8. Рамбо Д., Якобсон А., Буч Г. UML: специальный справочник . – СПб: Питер, 2002. – 656 с.

В.С. Иванов, Л.С. Зеленко

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕССОВ ПОСТРОЕНИЯ ТРАЕКТОРИИ ОБУЧЕНИЯ И УЧЕТА ДОСТИЖЕНИЙ В ДИСТАНЦИОННОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ «3DUCATION»

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Для обучающих систем важно, чтобы в них присутствовали средства составления траектории обучения, учитывающие зависимые связи между темами, лекциями, тестами. В связи с этим для дистанционной обучающей системы «3Ducation» авторами был разработан *редактор связей* – инструментальное средство для построения индивидуальной траектории обучаемого. Редактор позволяет соединять связями зависимости одноуровневые учебные материалы, такие как темы или лекции и курсы.

В ходе проектирования редактора было введено понятие графа освоения. В качестве вершин графа выступают единицы учебной информации (например, параграфы лекций), они соединены между собой направленными дугами (ребрами), которые показывают все возможные (необходимые) переходы от одного учебного материала к другому. В примере, приведенном на рис. 1, для изучения темы «Кодирование информации», обучаемому необходимо пройти темы «Информационные процессы» и «Единицы измерения информации».



Рис. 1. Фрагмент графа освоения курса «Информатика»

Стоит заметить, что граф освоения не допускает в своей структуре наличие циклов, так как в этом случае может возникнуть ситуация, когда обучаемому никогда не будет доступна часть учебных материалов. В связи с этим для редактора связей был реализован алгоритм нахождения циклов, он начинает работать при добавлении нового ребра и опирается на тот факт, что до появления ребра в графе циклов не было, и если цикл появился, то добавленное ребро будет в него входить. Алгоритм нахождения циклов – рекурсивный обход графа в глубину.

Редактор связей доступен только преподавателю, который является разработчиком курса и имеет доступ к администраторской части системы. Интерфейс редактора связей показан на рис. 2, он использует графические примитивы (вершина, дуга), вершины автоматически генерируются в соответствии со структурой ранее созданного учебного курса.

Одной из важнейших особенностей дистанционной обучающей системы «3Ducation» является использование *игрового подхода*. По опыту многих игровых проектов можно сказать, что система игровых достижений является мощным инструментом как для обучения игроков, так и для повышения интереса к самому игровому процессу, поэтому разработчиками было принято решение использовать игровые достижения и в системе «3Ducation».

Авторами было введено понятие *прогресса*, который показывает, какая часть учебных материалов уже пройдена, а какую еще предстоит освоить. В системе используется *внутриигровая валюта*, позволяющая получать подсказки в некоторых видах тестов. Эту валюту обучаемый может получить как за учебные достижения: лучшее время прохождения теста, попадание в заданный временной диапазон при прохождении теста, – так и за освоения «тайных» уголков игрового мира.

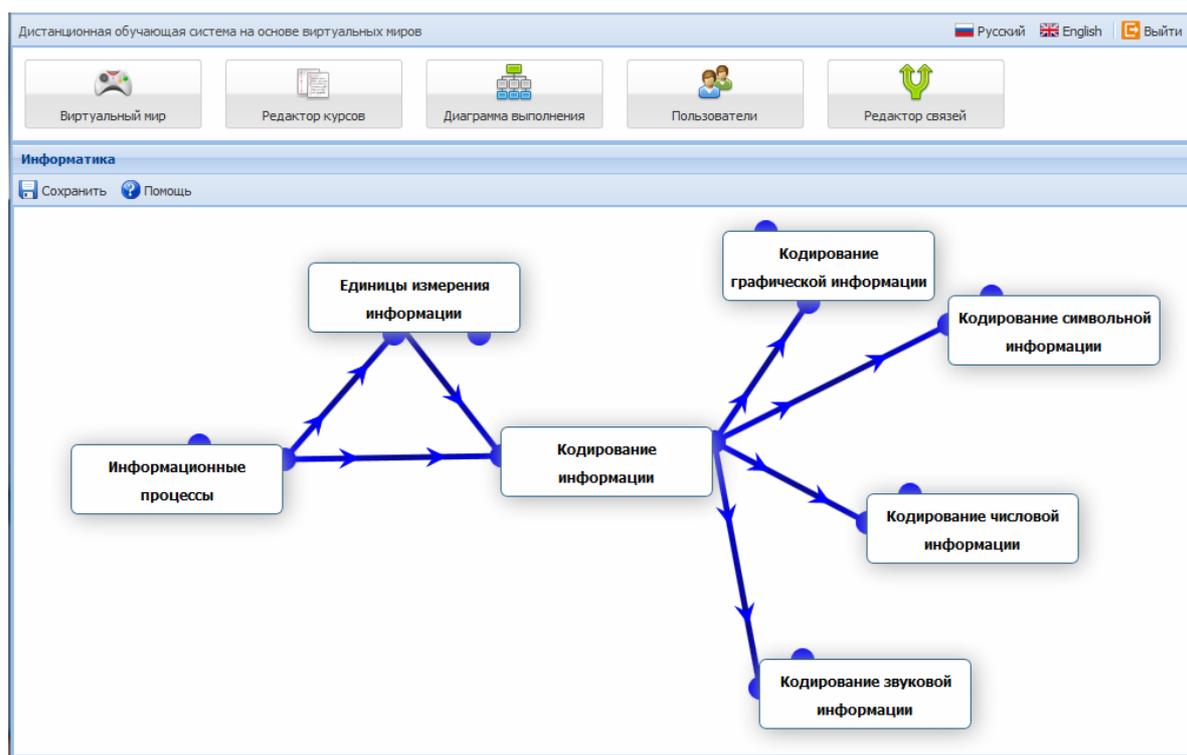


Рис. 2. Интерфейс редактора связей

Кроме того, были введены сами *игровые достижения* – «ачивменты» с описанным механизмом их получения, они будут отображаться в личном профиле обучаемого на вебсайте. Их можно разделить на несколько групп. На рис. 3 приведены примеры игровых достижений из различных групп.



а) «Чемпион»



б) «Это начало»



в) «Вместе веселее»

Рис. 3. Примеры игровых достижений

К первой группе относятся награды, отмечающие прогресс или особые достижения, например, за 25%, за 50% прохождения курса и т.д.

Ко второй группе относятся достижения, отражающие навыки работы с системой и использование режима совместного обучения. Их получить несложно, но они могут служить проводником для новичка, как, например, награда «Вместе веселее», выдающаяся за первый вход в совместный режим обучения.

Следующая группа достижений состоит из относительных «ачивментов», они выдаются за улучшение (превышение) результатов других пользователей и вносят соревновательный элемент в процесс обучения. К таким достижениям относятся: безошибочное прохождения теста быстрее всех, попадание в список лучших игроков по какому-то критерию или по общему рейтингу, который вычисляется по результатам прохождения курса.



Последняя группа включает «особые» (смешные) достижения, которые служат для поднятия пользователю настроения и стимулируют его к изучению игрового мира. Таким достижениям часто дают веселые названия. К этому классу можно отнести такие «ачивменты», как «Самый быстрый теоретик» (выдается, когда ученик быстрее всего прочитал теоретический материал темы), или «Последний герой» (выдаётся, когда ученик остался единственным при прохождении темы в режиме совместного обучения, и закрыл её).

Для программной поддержки процесса учёта достижений было разработано специальное инструментальное средство, в котором реализован механизм получения пользователем достижения. В базу данных системы «3Ducation» были внесены сущности «Игровое достижение», где хранятся все данные о достижении, и сущность «Игровое достижение пользователя», которая содержит ссылки на игровое достижение и пользователя, который его получил.

Е.Д. Качура

ТЕХНОЛОГИЯ РАЗВИТИЯ КРИТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ БУДУЩИХ МЕНЕДЖЕРОВ В СИСТЕМЕ ИНОЯЗЫЧНОЙ ПОДГОТОВКИ

(Тольяттинская академия управления)

Технология обучения – системный метод проектирования, реализации, оценки, коррекции и последующего воспроизводства процесса обучения, а также техническое оснащение этого процесса. Технология обучения должна отражать современный уровень научно-педагогических знаний, использовать эффективные методы обучения и воспитания, а также доступные технические средства обучения; должна гарантировать стопроцентное достижение поставленных целей обучения и воспитания; все технологии обучения должны быть обеспечены объективными методиками контроля качества процесса формирования личности [1, с. 337]. Целью предлагаемой нами технологии является повышение качества в целом иноязычной подготовки и развитие критического мышления при подготовке студентов, будущих менеджеров, к деловому иноязычному общению.

Особо подчеркнем, что для выработки собственной политики управления менеджерам необходимо владеть умением анализировать разнообразные ситуации (а это не что иное, как один из обязательных элементов критического мышления), реально возникающие в организации, а также потенциальные, а также своевременно отслеживать обстановку и складывающиеся обстоятельства; запрашивать и получать ответы на вопросы о том, каковы критерии оценки качества менеджмента в данной организации, каковы трудности, а также своевременно выяснять, анализируются ли результаты принимаемых управленческих решений, фиксируются ли ошибки и, наконец, извлекаются ли из всего этого уроки.



В отношении ключевых положений предлагаемой технологии мы выдвигаем следующие: 1) развитие критического мышления является основой иноязычной подготовки будущих менеджеров к деловому общению, поэтому эффективность осуществления будущей профессиональной управленческой деятельности напрямую зависит от уровня развития критического мышления; 2) методологической основой развития критического мышления студентов является педагогическая технология Case Study; 3) эффективность результата развития критического мышления студентов, будущих менеджеров, зависит от степени следования системе иноязычной подготовки и соблюдения всех педагогических условий.

При разработке педагогической технологии особое внимание уделялось содержанию иноязычной подготовки студентов к деловому общению. Оно представляет собой реализацию принципов профессиональной и коммуникативной направленности, концентрацию реальных конкретных управленческих ситуаций (кейсов); применение ролевых и деловых игр и мини-проектов в качестве средств развития и обучения деловому общению, а также средств как промежуточного, так и итогового контроля уровня сформированности умений и навыков; логичную крупноблочную структуру; интенсивность содержания; регулируемую смену видов деятельности; использование аутентичного учебного материала.

Методологической основой технологии является кейсовый подход к обучению студентов, будущих менеджеров, иноязычному деловому общению, и учитывались такие его составляющие как коммуникативность, ситуативность и проблематизация.

Следует отметить, что существующие кейсы для иноязычной подготовки менеджеров, в том числе и изданные за рубежом, не содержат важных элементов, составляющих собственно технологию: упражнений, заданий, ситуаций, ролей, ролевых и деловых игр и др. Мы разрабатывали эту часть технологии в соответствии с принципами коммуникативного и личностно-деятельностного подходов.

В качестве основных форм работы, которые были отобраны для осуществления процесса развития критического мышления будущих менеджеров, выступают: практические занятия, самостоятельная работа студентов в аудитории и самостоятельная работа студентов вне аудитории. Обозначенные формы работы с одной стороны учитывают особенности иноязычной подготовки специалиста в области менеджмента, а с другой – особенности самостоятельной работы с целью развития навыков устной и письменной речи в области делового общения. Практические занятия имеют своей целью научить студентов анализировать проблемную ситуацию (кейс), что в свою очередь является важным навыком для любого бизнесмена, предпринимателя; предлагать критически осмысленные варианты решения, используя при этом навыки делового общения на английском языке. В ходе практических занятий студенты обсуждают сложившуюся проблемную ситуацию в компании, проводят совместный анализ кейса, определяют важнейшие аспекты, проблемы и способы их решения,



оформляют результаты совместной деятельности, делают презентацию результатов обсуждения на межгрупповой сессии.

Кейсовый подход выбран нами в качестве основного и системообразующего, поскольку позволяет развивать следующие квалификационные характеристики: способность к проведению анализа и диагностики проблем, умение четко формулировать и высказывать свою позицию, умение общаться, дискутировать, воспринимать и оценивать поступающую информацию.

Принимая во внимание то, что целью обучения английскому языку является научить студентов вступать в коммуникацию, то есть общаться (в данном случае мы говорим о деловом общении), то коммуникативный подход выступает одним из главных при проектировании рассматриваемой педагогической технологии.

Для определения уровня готовности студентов к деловому иноязычному общению, наравне с уровнем развития навыков критического мышления, были использованы следующие критерии [3, с. 170]: 1) решение коммуникативной задачи, то есть умение оформлять свою речь адекватно своему социально-ролевому статусу, индивидуальность и артистизм, связанный с умением обыгрывать роль, критически ее осмыслив; 2) умение добиваться взаимопонимания; 3) самостоятельность и продуктивный характер высказывания; 4) связанность, последовательность и логичность высказывания; 5) полнота употребления языкового и речевого материала коммуникативно-функционального назначения; 6) адекватность использования языковых средств оформления речевого высказывания в соответствии с языковыми нормами; 7) степень завершенности речи; 8) нестандартность и нетипичность высказываний, инициативность; 9) темп речи, ее эмоционально-интонационная окраска; 10) объем высказывания, то есть количество фраз за единицу времени.

Результативная составляющая предлагаемой педагогической технологии представляет собой совокупность контроля результатов, самоконтроль, уровни оценивания достигнутых результатов и их критерии, конечный результат: менеджер с развитым критическим мышлением в системе иноязычной подготовки к деловому общению. Поэтому помимо описанных выше критериев, предложенных З.С. Уколовой, мы считаем целесообразным добавить критерии, на основе которых можно оценить уровень развития критического мышления: *мотивационно-когнитивный* (знание и четкое понимание того, что такое критическое мышление, для каких целей оно необходимо будущему менеджеру, умение выделять и критически осмысливать главное из целого потока информации), *деятельностный* (умение вырабатывать нестандартные решения проблем и задач будущей профессиональной деятельности), *рефлексивно-перцептивный* (гибкость позиции, умение проводить самостоятельную оценку результатов, самооценка) [2, с. 166].

Четкое соблюдение предложенной технологии на основе кейс-метода, а именно формулирование целей, составляющих технологии, определение комплекса условий и содержания обучения, определение форм работы со студентами в итоге обуславливает качество результатов обучения.



Литература

1. Вишнякова, С.М. Профессиональное образование. Словарь. Ключевые понятия, термины, актуальная лексика [Текст] / С.М. Вишнякова. – М.: НМЦ СПО, 1999. – 538 с.
2. Климова, Е.Д. Технология развития критического мышления будущих менеджеров в профессионально-ориентированной подготовке к деловому общению [Текст]: дисс. ... канд. пед. наук : 13.00.08 / Е.Д. Климова. – Самара, 2013. – 213 с.
3. Уколова, З.С. К вопросу о контроле сформированности умений устного общения на иностранном языке [Текст] / З.С. Уколова // Проблемы лингвистики и межкультурной коммуникации: Сборник научных трудов. Вып. 1. - Самара, Тольятти, 2003. – С. 168-174.

Д.А. Конопелькин, Л.С. Зеленко

ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЕТЕВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДЛЯ МОБИЛЬНОГО КЛИЕНТА ДИСТАНЦИОННОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ «3DUCATION» НА ПЛАТФОРМЕ ANDROID

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

В настоящее время средства мобильной связи можно использовать для доступа к образовательным ресурсам, так как около 90% мирового населения имеет доступ к мобильным телесистемам и сети интернет, кроме того, многие приложения стали выпускаться в мобильных версиях.

На кафедре программных систем СГАУ коллективом авторов разрабатывается игровая дистанционная обучающая система, построенная на технологии виртуальных миров, которая ориентирована на школьников старших классов, интересующимися информатикой и информационными технологиями. Виртуальный мир реализован с помощью технологии Unity3D и позволяет всем участникам в игровой форме проходить обучение по выбранным ими курсам. В настоящее время система реализована в виде многопользовательской образовательной среды, где учащиеся могли бы совместно выполнять учебные задания, кооперируясь и общаясь между собой, в том числе используя мобильную версию системы.

Разработка многопользовательского режима потребовала изменения и/или добавления следующих режимов работы системы:

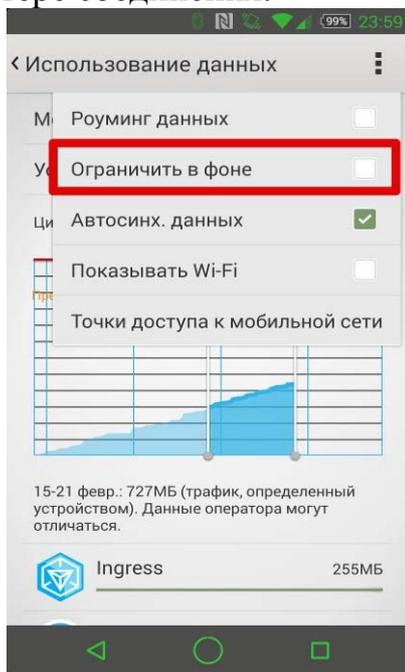
- поддержка совместного прохождения выбранного курса обучения,
- совместное прохождение тестовых заданий в кооперативных, конкурентных и командных режимах,
- расчет статистики процесса обучения,
- возможность коммуникации между участниками.



При разработке сетевой части системы возникли следующие основные проблемы, присущие мобильным устройствам, и были найдены способы их решения:

1) устройство может иметь нестабильное соединение с интернетом: качество соединения зависит от множества факторов: мощность сигнала, скорость соединения, тип используемого соединения (Wi-Fi, 4G, 3G, Edge или GPRS). *Решение:* использовать протокол RUDP для передачи большинства данных.

2) устройство может принудительно ограничивать соединение с интернетом: мобильные устройства работают от батареи и имеют небольшой срок автономной работы. Для увеличения этого времени разработчики ОС и производители устройств стараются ограничить потребление одного из самых «прожорливых» компонентов – радиомодуля. Например, в ОС Android для мобильного трафика достаточно поставить флажок, отмеченный на рис. 1-а, а так же выбрать нужный режим под цифрой 1 и поставить флажок под цифрой 2 (см. рис. 1-б) для Wi-Fi. Аналогичные настройки, позволяющие поставить ограничения для конкретных приложений, есть в ОС iOS (рис. 2). В сочетании с настройками производителя устройства, как показано на рис. 3, приложения получают доступ к интернету в очень ограниченный период времени при активности пользователя. *Решение:* добавить механизмы для приостановки обучения при потере соединения.



а) для мобильного трафика в фоне



б) для Wi-Fi

Рис. 1. Ограничения в Android

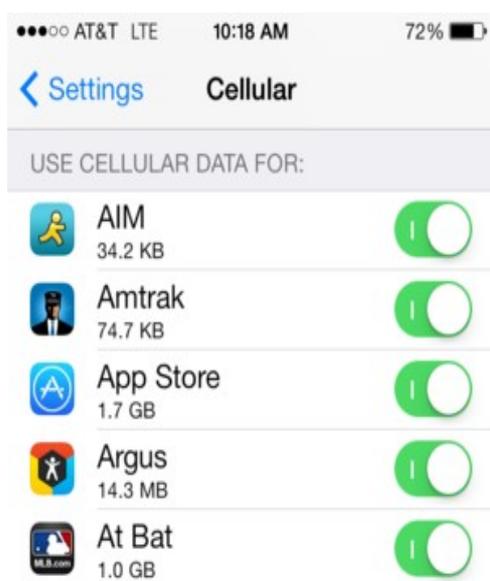


Рис. 2. Ограничения для мобильного трафика в iOS



Рис. 3. Ограничения для экономии энергии на мобильных устройствах Sony

3) устройство может легко менять IP-адрес: при использовании интернета через сотовую сеть IP-адрес устройства зависит от используемой им базовой станции оператора, что приводит к тому, что в условиях слабого приема или при перемещении пользователя он меняется очень часто. Аналогичная ситуация происходит при подключении/отключении Wi-Fi сети. *Решение:* не учитывать при действиях пользователя IP-адрес, для идентификации использовать только cookies и xsrf-токен.

Новые возможности сетевого режима, в том числе и на мобильных платформах, по мнению авторов, будут способствовать привлечению новых участников к учебному процессу и увеличению числа команд.

С.Ю. Макарова

МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ ВЫПУСКНИКА ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ СФЕРЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

(Уфимский государственный авиационный технический университет)

Компетентностный подход к обучению в настоящее время является основным аспектом в сфере высшего профессионального образования, одним из основополагающих принципов разработки образовательных программ, обучающих материалов и прочих прикладных разработок. Понятие «компетенция» трактуется как система ценностей, личностных качеств, знаний и умений человека, обеспечивающая его готовность к выполнению профессиональных обязанностей.



Выражение результатов образования в соответствии с ФГОС означает проектирование компетентностной модели выпускника ВУЗа по избранному направлению обучения. Термин «компетентностная модель выпускника» следует понимать как научно обоснованный, детально прописанный образ будущего специалиста, который должен быть получен в результате образовательного процесса, выраженный целостным системным качеством – компетентностью, содержательно представленной сложным составом (структурой) общекультурных и профессиональных компетенций.

Формирование компетенций – это системный эффект, который не может быть обеспечен отдельным мероприятием. Формирование компетенции определяется совокупностью изучаемых дисциплин, прохождением учебных и производственных практик, образовательной средой вуза в целом и профессиональным и культурным уровнем педагогического коллектива [1].

В настоящее время методология формирования компетентностной модели выпускника является объектом научных дискуссий, предлагаются различные способы реализации данной задачи [1].

В ходе образовательного процесса необходимо развивать у студентов творческое мышление, исследовательские умения, без которых трудно как продолжать образование, так и реализовываться на рынке труда. В связи с этим современный выпускник вуза должен владеть не только необходимыми фундаментальными и специальными знаниями и умениями, но и навыками творческого решения практических задач, уметь постоянно повышать свою квалификацию и быстро адаптироваться к происходящим изменениям в развитии информационных технологий и вычислительной техники.

Формирование данных качеств возможно в процессе активного участия студентов в научно-исследовательской работе, которая на современном этапе приобретает все большее значение и превращается в один из основных компонентов профессиональной подготовки будущего специалиста. Важность проблемы формирования исследовательских умений студентов подтверждает анализ профессиональных стандартов и требований, предъявляемых к специалистам разных направлений, в которые включены умения формулирования и решения проблем, системного анализа, абстрагирования, формализации и др.

Например, в стандарте ФГОС ВО для направления подготовки бакалавра «Прикладная информатика» один из видов профессиональной деятельности указана научно-исследовательская деятельность, включающая в себя:

применение системного подхода к информатизации и автоматизации решения прикладных задач, к построению информационных систем на основе современных информационно-коммуникационных технологий и математических методов;

подготовка обзоров, аннотаций, составление рефератов, научных докладов, публикаций, и библиографии по научно-исследовательским работам (НИР) в области прикладной информатики [4].

Это требование подчеркивает необходимость обеспечения студенческой научно-исследовательской работы в вузе как методологии обучения творческо-



му подходу к практическому использованию полученных образовательных, научных и технических знаний, это несомненно способствует формированию не только общекультурных и общепрофессиональных компетенций выпускника, но и закладывает базис для компетентности в выбранной профессиональной области.

В системе высшего профессионального образования можно выделить несколько направлений по применению и внедрению видов и форм научно-исследовательской деятельности студентов:

- обогащение традиционных академических форм организации учебного процесса (лекций, семинаров, практических и лабораторных занятий) выполнением задач исследовательского типа;

- развитие внеучебных форм вовлечения студентов в научную деятельность (например, написание научных докладов, статей; проведение олимпиад и научных конференций; разработка проектов для получения ГРАНТов; факультативные формы обучения; формы научного сотрудничества вуз – производство и др.);

- внедрение коллективных форм научно-практической деятельности студентов (научные исследовательские кружки, коллективы молодых исследователей и др.). [3].

Один из методов реализации студенческой научно-исследовательской работы в УГАТУ – ежегодная «Неделя студенческой науки», в рамках которой проводятся студенческие научные конференции, конкурсы научных проектов, сайтов, олимпиад по различным дисциплинам и тематикам. Рассмотрим подробнее проведение олимпиад.

В качестве целей и задач проведения олимпиады можно выделить следующие.

- развитие способностей по самостоятельному приобретению знаний, умений, навыков;

- отбор наиболее образованных, одаренных участников, обладающих высоким уровнем нетривиального мышления;

- привлечение в науку талантливой молодежи для дальнейшей их специализации и популяризации современных информационных технологий;

- проверки уровня подготовки студентов;

- проведение конкурса задач, формирование банка задач.

Методика подбора задач для проведения олимпиад основывается на принципах:

- оригинальность задачи и подхода к ее решению;

- четкая формулировка и отсутствие двусмысленностей в решениях задач; требование многовариантности решения;

- наличие задач различного уровня сложности;

- задание должно охватывать все основные разделы базового курса дисциплины (например, информатики).

Методика проведения олимпиады заключается в следующем:



- проведение олимпиады как теоретико-практического или же практического тура, выделяя достаточно времени для решения задач на ЭВМ;
- предоставление всем участникам одной и той же операционной среды с одними и теми же ограничениями ресурсов;
- представляет интерес проведение командного тура соревнования, что позволит выявить способности участников коллективно решать проблему.

Методика оценки заданий олимпиады:

- задачи оцениваются в баллах. Призовые места назначаются жюри экспертным исходя из выравнивания по набравшему максимальное количество баллов;
- система экспертно назначаемых "поощрительных" и "штрафных" баллов.
- оценка стиля, структуры данных, логики алгоритма или программы.

Олимпиада завершилась и выявила группу победителей, с которыми необходима дальнейшая работа для подготовки к следующему туру, к интересной научно-исследовательской работе:

- лекции по избранным главам информатики, изучение новых программно – прикладных средств;
- практикум по решению избранных задач информатики или развивающих задач;
- публикация олимпиадных задач (с указаниями и/или решениями);
- приобщение победителей к научно - исследовательской работе на кафедрах вузов.

Выводы

Процесс подготовки выпускника высшей школы к научной работе будет результативным, если он во время обучения будет вовлечен в разнообразные формы научно-исследовательской деятельности, которая способствует формированию на более высоком уровне общекультурных и общепрофессиональных компетенций, необходимых для дальнейшей профессиональной деятельности, в частности, в сфере информационных технологий:

- способностью к самоорганизации и самообразованию;
- способностью анализировать социально-экономические задачи и процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования;
- способностью применять системный подход и математические методы в формализации решения прикладных задач;
- способностью программировать приложения и создавать программные прототипы решения прикладных задач.

Литература

1. Мелехова О.П. Компетенции как результат образования // URL: http://www2.mati.ru/education/fakult1/kafedra5/site/Lib/modul2/modul2_1/Spravka_2.doc.



2. Мартынов В.В., Макарова С. Ю. Компетентностный подход в профессиональном образовании: методы и проблемы. / Актуальные проблемы науки и техники. Том 3. Управление в социально-экономических системах. Сборник научных трудов восьмой Всероссийской зимней школы-семинара аспирантов и молодых ученых.– Уфа: УГАТУ, 2013. – С. 326.

3. Чупрова Л. В. Научно-исследовательская работа студентов в образовательном процессе вуза [Текст] / Л. В. Чупрова // Теория и практика образования в современном мире: материалы междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, февраль 2012 г.). — СПб.: Реноме, 2012. — С. 380-383.

4. Федеральные государственные образовательные стандарты // [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://минобрнауки.рф/документы/336>.

А.Р. Новиков

РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ СОЗДАНИЯ И ИЗУЧЕНИЯ КУРСОВ ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ ДЛЯ ПИЛОТОВ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

В век информационных технологий появляется всё больше возможностей для сбора и обработки информации. Свобода поиска и постоянно развивающиеся ресурсы глобальной информационной сети предоставляют всё более простые, удобные и эффективные возможности получения новых знаний. Современные технологии моделирования позволяют наглядно представить любой естественный процесс в виде компьютерной графики. И актуальным является вопрос об использовании данных возможностей для развития образовательных программ. Электронные системы дистанционного образования применяются с целью повышения эффективности процесса обучения, предоставляя обучающимся электронные ресурсы и средства для самостоятельной подготовки в рамках какой-либо дисциплины.

Представленная в работе автоматизированная информационная система предназначена для курсантов лётных училищ и имеет целью предоставление возможности самостоятельного освоения теоретических курсов по определённым направлениям подготовки.

Система предоставляет функционал, позволяющий преподавателям создавать теоретические (лекционные) курсы по определённой дисциплине, которые смогут изучать курсанты любых направлений.

На рисунке 1 приведена диаграмма вариантов использования системы в нотации UML – языка графического описания для объектного моделирования, отражающая основные возможности рассматриваемой системы. Пользователи системы делятся на три категории – администратор, инструктор и курсант. Все роли имеют между собой чёткое разграничение.

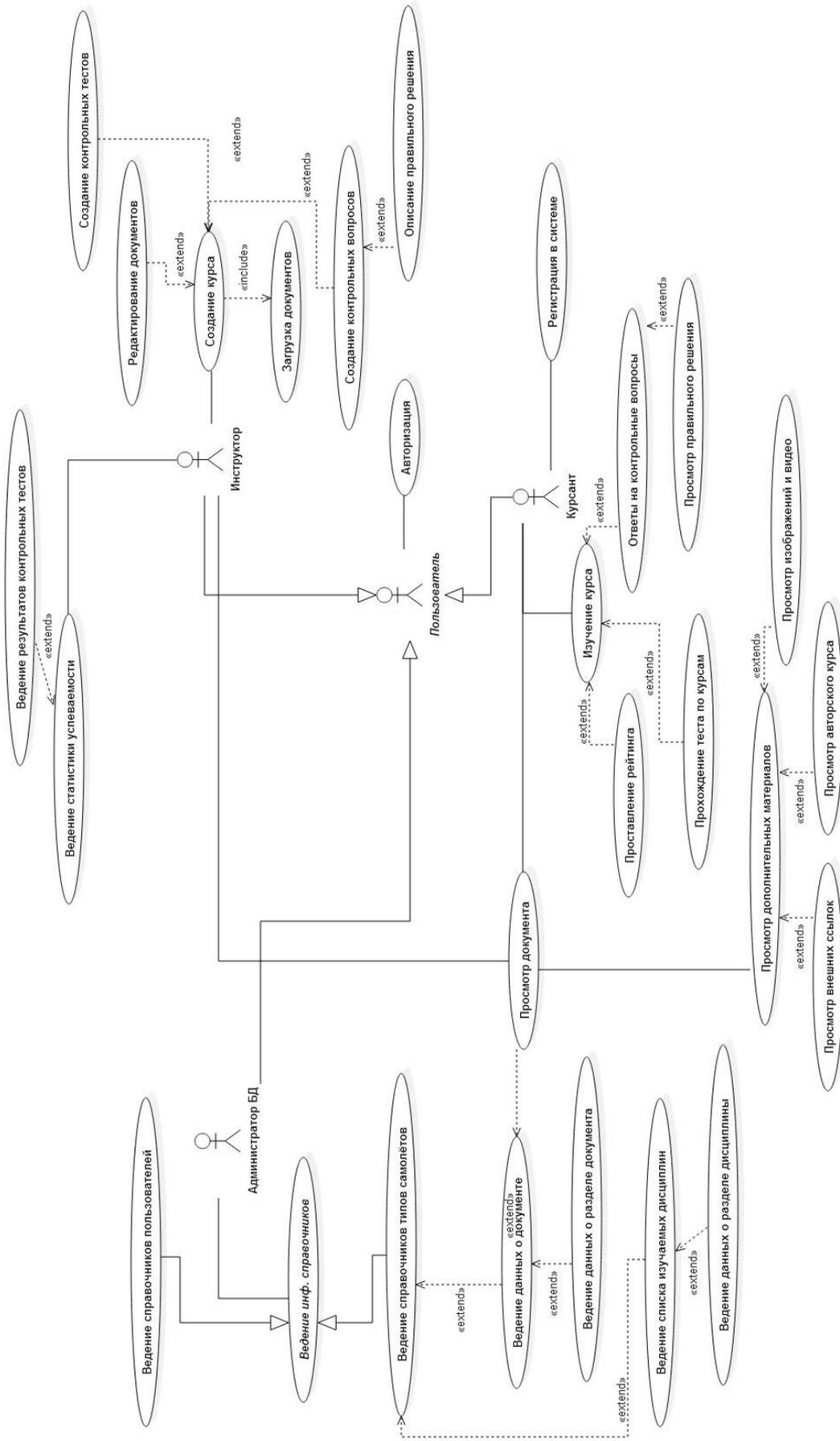


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования системы



Как можно видеть из диаграммы, каждому пользователю соответствует определённый круг задач. Функциями администратора являются ведение справочников таких как: база данных пользователей, справочник типов самолётов, справочник изучаемых дисциплин и соответствующих документов, а также регулировка создаваемых курсов. Инструктор имеет в своём распоряжении подсистему редактирования, с помощью которой готовит теоретические курсы для одной или нескольких изучаемых дисциплин. Курсанты имеют возможность просматривать и изучать материалы соответствующих курсов. Регистрация курсантов в системе свободная.

В основу разработки системы положен принцип интеграции и объединения электронных документов и мультимедиа-ресурсов в единую структуру.

Создание курса происходит следующим образом. Для начала выбирается дисциплина, для которой данный курс будет предназначен. Для любой дисциплины предусмотрено добавление электронной литературы в определённом формате: инструктор загружает в систему электронный документ, относящийся к создаваемому курсу, в одном из наиболее распространённых форматов – pdf, djvu, doc. Система автоматически выполняет преобразование документа к стандартному формату, с которым уже работает инструктор. Таким образом, формируется перечень необходимых документов, которые будут использованы при создании авторского курса.

Авторский документ инструктор создаёт самостоятельно. Он определяет его разделы и главы и своими словами формирует содержание. В процессе написания документа, инструктор может делать вставки из загруженной им ранее литературы, которые помечаются соответствующим образом с указанием названия документа, из которого вставка была произведена и ссылкой на соответствующую страницу. Например, при описании общего вида панели бортового оборудования инструктор может привести иллюстрацию бортовых приборов конкретных летательных аппаратов (например, Ил-2, Як-52) из соответствующих руководств по эксплуатации, которые курсант при надобности сможет просмотреть в полном объёме.

Одни и те же электронные документы могут использовать при создании курсов разные инструкторы. Также инструктор может вообще не использовать вспомогательную литературу, создавая курс исключительно под своим авторством. Такой подход будет способствовать лучшему пониманию курсантами изучаемой темы за счёт сравнения и анализа нескольких вариантов изложения, вдобавок это даст возможность акцентировать внимание на наиболее важных частях излагаемого курса и выявлять тонкости, характерные и специфичные для настоящего времени.

Также в редакторе присутствует возможность добавления ссылок на внешние источники, загрузки авторских изображений и видеозаписей, касающихся изучаемой дисциплины. В своём документе инструктор соответственно может вставить ссылку на внешний ресурс, либо на изображение или видео, которые открываются в отдельной форме. Например, в текст описания процесса управления самолётом можно вставить ссылку на видеозапись, наглядно де-



монстрирующую выполнение взлёта с взлётно-посадочной полосы из кабины пилота. Щёлкнув на неё, курсант сразу же сможет просмотреть видеоролик.

Таким образом, редактор системы в некоторой степени напоминает принцип работы вики-сайтов. Отличие состоит в том, что на вики-сайтах гиперссылкой помечается отдельный кусок текста, который ведёт к другой статье. Здесь же пользователь может видеть готовый отрывок документа с указанием на ту его конкретную часть, откуда он был взят. Также в вики-сайтах изображения и видео располагаются смежно с текстом, что бывает не всегда удобно. В данной системе они помечаются в самом тексте, а открываются в отдельной форме.

На основе имеющихся материалов инструктор может создать список контрольных вопросов по каждой теме дисциплины с возможностью добавления описания правильного решения, а также контрольного теста, по результатам которого курсанту выставляется оценка за пройденный курс. Курсант может ответить на контрольные вопросы в виде теста для самоконтроля, а также получить описание правильного ответа, что даст ему возможность подготовиться и оценить свой уровень знаний.

Описанный подход позволит в значительной степени облегчить обучение и позволит взглянуть с разных точек зрения на изучаемый предмет. Естественно, такая система не заменит живого лектора и аудиторных занятий, которые в очной форме порой могут быть полезнее и интереснее электронной версии, однако следует отметить и неоспоримые преимущества данной идеи:

- Если человек по какой-то причине не имеет возможности посещать занятия очно, он всегда беспрепятственно сможет воспользоваться электронной версией курса
- Обучение таким способом заметно упростит освоение материала, позволяя лектору помечать и акцентировать внимание на наиболее важных разделах изучаемого документа, характерных для определённого направления подготовки
- Авторские пометки и вставки помогут лектору преподнести материал с нескольких альтернативных точек зрения, а курсантам, как следствие – лучше понять его
- Создание курсов по одной дисциплине несколькими преподавателями позволит учащимся взглянуть на предмет разными глазами
- Использование встроенных ссылок, иллюстраций и видео даст возможность лучше сориентироваться в теме и более наглядно представить отдельные моменты

Описанная система может быть использована не только для создания курсов по дисциплинам, изучаемым в лётных училищах – её применение возможно для создания курсов и по другим образовательным дисциплинам с использованием соответствующих настроек системы. Таким образом, она может послужить универсальной средой для изучения теоретических основ в рамках необходимых образовательных программ.



А.А. Панков, А.С. Пигусов

РАЗРАБОТКА МЕХАНИЗМОВ ИНТЕГРАЦИИ ЕДИНОЙ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ В ИНФОРМАЦИОННУЮ СРЕДУ УНИВЕРСИТЕТА

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Современные информационные технологии уже давно стали неотъемлемой частью образовательного процесса. Большую популярность в последнее время получили системы дистанционного обучения, целью которых является повышение качества и доступности современных образовательных программ.

Системы электронного дистанционного обучения (СЭДО) разработанные для поддержки учебного процесса в СГАУ основаны на виртуальной обучающей среде (ВОС) Moodle с открытым программным кодом. На начало 2013 года в университете было развернуто порядка 30 экземпляров систем разной степени наполненности курсами, которые использовались различными подразделениями университета. Основные проблемы такого подхода:

- отсутствие централизованной системы управления;
- отсутствие системы поддержки пользователей;
- отсутствие связи с другими информационными системами вуза не позволяет обеспечить актуализацию информации по контингенту обучающихся и содержащемуся в системах контенту в автоматическом режиме;
- отсутствие корпоративных требований в области дистанционного обучения, предъявляемых к системе, контенту и управлению контингентом;
- отсутствие квалифицированной технической поддержки системы и использование устаревших версий программного обеспечения не позволяют выполнить требования по сетевой безопасности.

В связи с этими проблемами была разработана единая СЭДО университета. Ее целью является совершенствование методов и содержания образования путем внедрения электронных и сетевых форм обучения, подкрепленных инновационными образовательными контентом, комплексом авторских программ, инновационных модулей, учебно-методических материалов и их электронное мультимедиа-сопровождение.

Задачи СЭДО: обеспечение доставки обучаемым основного объема изучаемого материала, интерактивное взаимодействие обучаемых и преподавателей в процессе обучения, предоставление обучаемым возможности самостоятельной работы по освоению изучаемого материала [1].

Для СЭДО СГАУ заложены и реализованы следующие требования:

1. СЭДО СГАУ построена на базе ВОС Moodle актуальной версии.
2. Обеспечивает доступ студентам и преподавателям к контенту в режиме 24/7.



3. Система способна обслуживать порядка 20 000 пользователей, из которых в момент пиковых нагрузок до 3000 являются конкурирующими.
4. Канал связи обеспечивает беспрепятственную доставку основного объема изучаемого материала пользователям в моменты пиковых нагрузок, в том числе мультимедийного контента.
5. Определена иерархия группировки и представления курсов по кафедрам.
6. Обеспечена интеграция с системой личных кабинетов студента и преподавателя с общим механизмом аутентификации и единой точкой входа.
7. Обеспечена интеграция с системой «ИМЦ: Управление вузом» с реализацией активных механизмов управления контингентом, структурой, контентом, ролями пользователей.
8. Заложена возможность интеграции с системой вебинаров и системой сбора и анализа статистики.
9. Реализовано автоматическое резервное копирование и восстановление учебного контента, резервное копирование «на лету» серверов, входящих в систему.

Общая схема взаимодействия систем автоматизации деятельности университета с системой личных кабинетов и системой СЭДО представлена на рисунке 1.

В рамках развертывания СЭДО университета были выполнены следующие работы. Ранее разработанный контент располагавшийся в системах дистанционного обучения разного поколения, функционирующих в вузе (Moodle 1.7, 1.8, 1.9, 2+), верифицирован и перенесен в единую среду. На данный момент СЭДО СГАУ содержит порядка 500 электронных курсов, сгруппированных по принадлежности к кафедрам университета.

СЭДО СГАУ интегрирована с системой «ИМЦ: Управление вузом» по следующим направлениям:

1. Создание и управление учетной записью пользователя. Учетная запись создается автоматически после верификации адреса электронной почты пользователя при первом успешном входе в личный кабинет (ЛК). (Учетная запись ЛК создается на основе логина и одноразового пин-кода, сгенерированных в «ИМЦ: Управление вузом»). Реализована единая система аутентификации, благодаря чему учетная запись действительна для ЛК и СЭДО с возможностью сквозного перехода из ЛК в СЭДО. Разработан единый механизм смены и восстановления пароля.
2. Формирование контингента обучающихся в СЭДО, в том числе по группам, специальностям, направлениям подготовки. Осуществляется на основе информации о составе групп в системе «ИМЦ: Управление вузом». Реализовано с использованием linked-сервера, настроенного на стороне базы-посредника university_base и обеспечивающего синхронизацию согласно расписанию (1 час).
3. Групповая и индивидуальная запись студентов на курсы, размещенные в СЭДО, в соответствии с номером семестра, номером группы, учебным планом, семестровым планом содержащимися в системе «ИМЦ: Управление



ние вузом» (реализовано с использованием linked-сервера). Сохранена возможность управления контингентом средствами СЭДО с дальнейшим экспортом данных в «ИМЦ: Управление вузом».

4. Синхронизация справочников структуры вуза, учебных групп и др.

Как видно из рисунка 1, информационные системы вуза используют для обмена информацией базу-посредник [2], часть которой (текущее состояние студента) представлена на рисунке 2.

Student_Record_Book – справочник «Зачетные книги» предназначен для хранения информации о зачетных книжках студентов.

State_Persons – справочник «Состояния физических лиц» предназначен для хранения информации о состояниях студентов, обучающихся в университете. Примерами таких состояний могут послужить состояния «Является студентом», «Отчислен», «Находится в академическом отпуске» и т.д.

Base_Of_Entrance – справочник «Основания поступления» предназначен для хранения информации о возможных основаниях поступления студентов в университет (бюджет, целевой и т.д.).

State_Students – таблица «Состояние студентов» предназначена для хранения текущих данных зачетных книжек и информации о состоянии студентов.

Groups – Содержит в себе сведения об учебных группах.

Учетная запись пользователя в СЭДО генерируется автоматически при создании и верификации учетной записи в системе личных кабинетов. Помимо общей информации, заносится уникальный идентификатор физического лица, используемый в «ИМЦ: Управление вузом». Данные учетной записи для системы личных кабинетов и СЭДО являются едиными, что обеспечивает сквозную аутентификацию в этих системах (рисунок 3).

При генерации учетных записей приняты следующие правила: логином для студента является номер зачетной книжки, логином преподавателя является порядковый номер с буквенным префиксом. Механизм восстановления пароля и смены адреса электронной почты является единым для системы личных кабинетов и СЭДО.

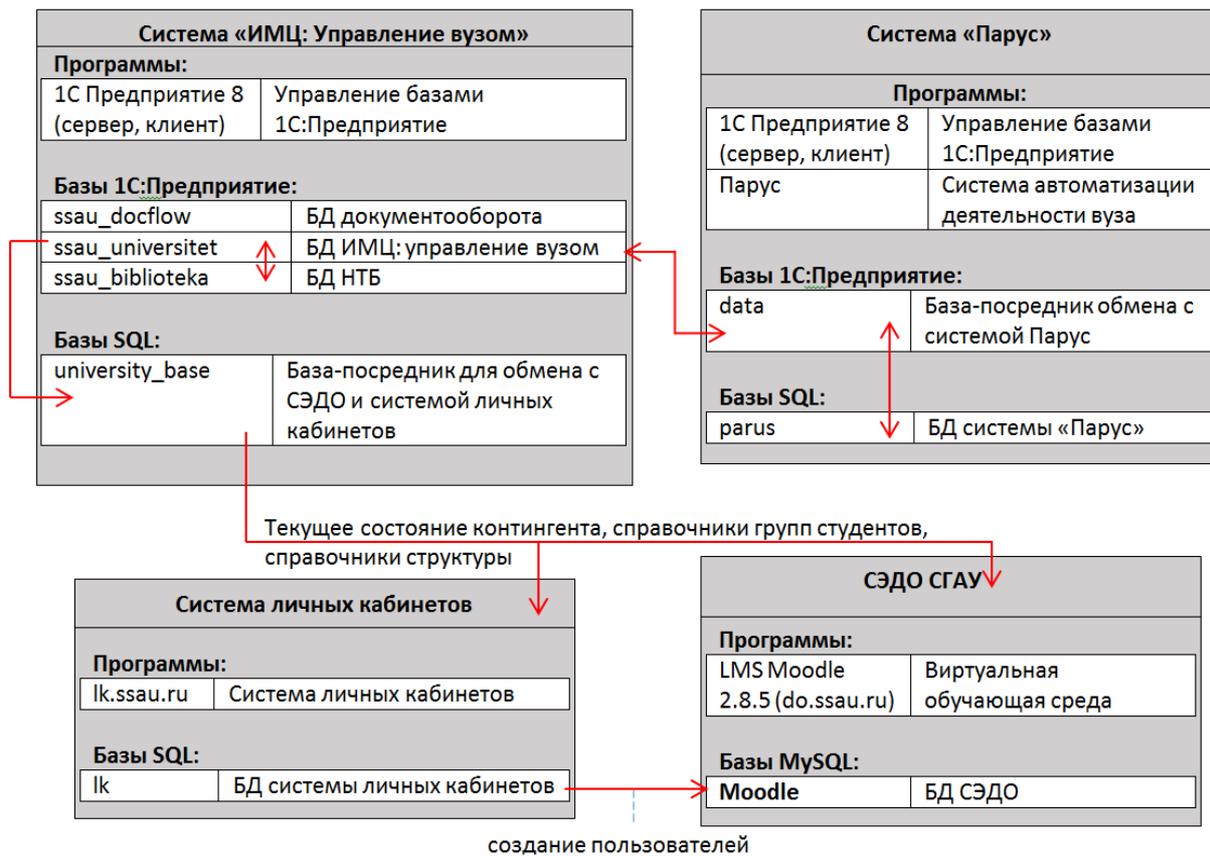


Рис. 1. Схема взаимодействия систем автоматизации деятельности университета с системой личных кабинетов и системой СЭДО

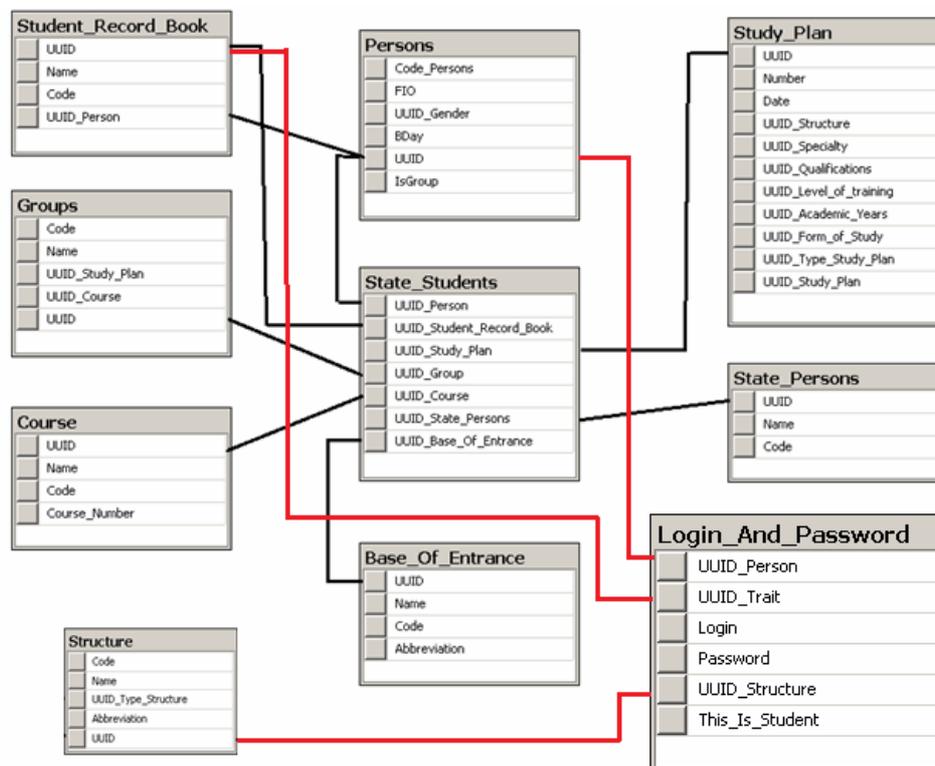


Рис. 2. Часть схемы базы-посредника отвечающей за текущее состояние студента



| Столбец | Тип | Null | По умолчанию | Комментарии |
|--------------|--------------|------|--------------|--|
| id | bigint(10) | Нет | | Ключевое поле |
| auth | varchar(20) | Нет | manual | Тип генерации учетной записи |
| confirmed | tinyint(1) | Нет | 0 | Службное (Признак подтверждения) |
| policyagreed | tinyint(1) | Нет | 0 | Службное (Признак согласия с политикой) |
| deleted | tinyint(1) | Нет | 0 | Признак удаления учетной записи |
| suspended | tinyint(1) | Нет | 0 | Признак приостановления действия учетной записи |
| mnethostid | bigint(10) | Нет | 0 | Службное |
| username | varchar(100) | Нет | | Логин |
| password | varchar(255) | Нет | | Хеш пароля |
| idnumber | varchar(255) | Нет | | Идентификатор связи с внешними системами (заполняется идентификатором студента в ИМЦ Управление вузом) |
| firstname | varchar(100) | Нет | | Имя |
| lastname | varchar(100) | Нет | | Фамилия |
| email | varchar(100) | Нет | | Электронная почта |
| ... | | | | |
| description | longtext | Да | NULL | Описание типа учетной записи (студент/преподаватель) |
| ... | | | | |

Рис. 3. Структура таблицы mdl_user СЭДО для хранения сведений об учетных записях пользователей

На основе данных, представленных в таблицах базы-посредника, генерируется выборка о текущем состоянии студента, которая содержит: идентификатор студента, номер зачетки, номер группы, дату последнего изменения состояния. На основе справочника Groups из базы-посредника заполняется справочник учебных групп СЭДО mdl_cohort с указанием уникального идентификатора, используемого в «ИМЦ: Управление вузом» (рисунок 4).

| Столбец | Тип | Null | По умолчанию | Комментарии |
|-------------------|--------------|------|--------------|--|
| id | bigint(10) | Нет | | Ключевое поле |
| contextid | bigint(10) | Нет | | Идентификатор способа создания группы |
| name | varchar(254) | Нет | | Название группы (соответствует 10-значному номеру группы) |
| idnumber | varchar(100) | Да | NULL | Идентификатор группы для связи с внешними системами (заполняется значением ключевого поля из справочника групп ИМЦ Управление вузом) |
| description | longtext | Да | NULL | Описание типа группы (справочная информация) |
| descriptionformat | tinyint(2) | Нет | | Службное поле |
| visible | tinyint(1) | Нет | 1 | Видимость группы в системе |
| component | varchar(100) | Нет | | Службное поле |
| timecreated | bigint(10) | Нет | | Время создания записи |
| timemodified | bigint(10) | Нет | | Время изменения записи |

Рис. 4. Структура таблицы-справочника учебных групп СЭДО mdl_cohort

На основе выборки о текущем состоянии студента в базе-посреднике, справочника пользователей mdl_user и справочника учебных групп mdl_cohort



в СЭДО строится выборка и заполняется таблица mdl_cohort_member – соответствие студента и учебной группы в уникальных идентификаторах СЭДО (рисунок 5).

Для управления процессом обучения организованы два вида записи пользователей на курс: групповой и индивидуальный. Групповой используется для записи на курс глобальных групп пользователей с ролью «Студент», индивидуальный – для записи пользователей с ролью «Преподаватель» и «Преподаватель без права редактирования курса» [3]. Общая схема таблиц управления ролями СЭДО представлена на рисунке 6.

| Столбец | Тип | Null | По умолчанию | Комментарии |
|-----------|------------|------|--------------|-----------------------|
| id | bigint(10) | Нет | | Ключевое поле |
| cohortid | bigint(10) | Нет | 0 | Ключ группы |
| userid | bigint(10) | Нет | 0 | Ключ пользователя |
| timeadded | bigint(10) | Нет | 0 | Время создания записи |

Рис. 5. Структура таблицы состояния студент – группа в СЭДО

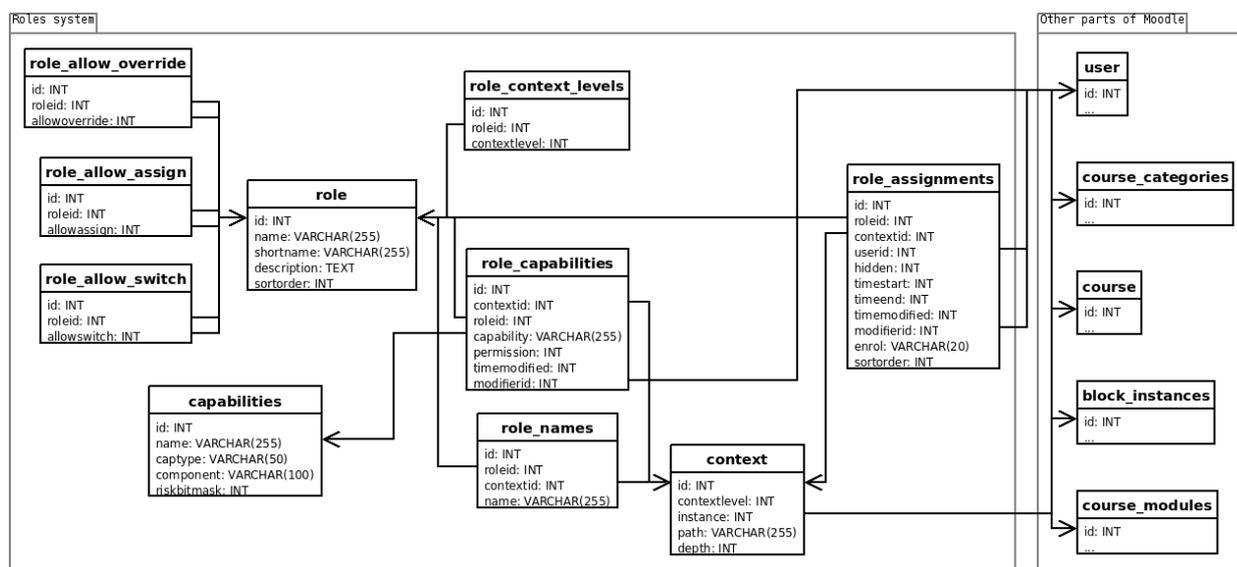


Рис. 6. Схема группы таблиц управления ролями пользователей СЭДО в разрезе категории, курса, блока, модуля

Реализована возможность управления ролями в разрезе Учебный курс – Глобальная группа пользователей с ролью «Студент» и Учебный курс – Пользователи с ролью «Преподаватель» или «Преподаватель без права редактирования курса» на основе учебного плана, семестрового рабочего плана и рабочей программы дисциплины, содержащихся в «ИМЦ: Управление вузом»

Реализация описанных механизмов позволяет автоматизировать работу СЭДО и вывести ее на новый качественный уровень. Сегодня СЭДО СГАУ представляет собой крупную, современную систему дистанционного обучения, отвечающую последним требованиям в области безопасности и качества доставки учебного контента обучающимся (включая работу с мобильными приложениями для Android и IOS), занявшую свое место в информационной среде



управления вузом, обеспечив тем самым высокий уровень автоматизации планирования, реализации и управления учебным процессом в СГАУ.

Литература

1. Информационная инфраструктура инновационного вуза. Опыт СГАУ: монография / [А.В.Баскаков и др.] – Самара: Изд-во СамНЦ РАН, 2013. – 124 с.
2. Еленев Д.В., Кузьмичев В.С., Пашков Д.Е. Автоматизация системы управления национальным исследовательским университетом и мониторинга его деятельности // Программные продукты и системы. - 2012. - № 3. - С. 31-34.
3. Moodle Developer Documentation: [Электронный ресурс] // Moodle 2.8 documentation. 2015. URL: <https://docs.moodle.org/dev/>.

С.А. Пиявский, Р.Б. Шаталов

МЕТОДЫ ВЫЧИСЛЕНИЯ ОБОБЩЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ УНИВЕРСИТЕТОВ-АСВ

(Самарский государственный архитектурно-строительный университет))

Настоящая работа выполнялась в соответствии с планом работ Координационного совета Ассоциации строительных вузов по работе с одаренными школьниками [5]. Одним из авторов были разработаны несколько режимов информационной системы научного консультирования одаренных старших школьников (системы мониторинга ОДАРМОЛ): режимы ввода предлагаемой университетами тематики для научного консультирования, редактирования тематики; режим ввода достижений школьника; режимы отображения самых успешных молодых исследователей, а также методы расчета комплексных характеристик эффективности университетов. В системе мониторинга предусмотрено ранжирование университетов-членов АСВ по *востребованности, активности* и *результативности*.

При этом возникла задача комплексной оценки эффективности их функционирования по целому ряду признаков и проведение исследований на этой основе.

В системе мониторинга требовалось обобщить **25** показателей оценки эффективности работы вузов со школьниками. Приведем основные показатели: количество предложений, количество школ, количество школьников (из персональных журналов), оценка учащегося по взаимодействию с руководителем от университета, статус проекта. Требовалось обобщить эти параметры. Это сводится к задаче многокритериальной оптимизации.

Необходимо было:

- 1) Из существующих методов многокритериальной оценки объектов выбрать метод, который позволил бы рассчитать оценку эффективности каждого университета по этим показателям, при этом был бы достаточно



авторитетным и понятным для лиц, которые будут пользоваться этими оценками;

- 2) В рамках этого метода обосновать политику выбора, адекватную задачам мониторинга.

Эта задача сводится к задаче многокритериальной оптимизации. Шаталовым Р.Б. было выбрано 2 метода для расчета коэффициентов значимости вузов – метод Аналитической иерархии (метод Т. Саати) и метод ПРИНН [1] (разработан одним из авторов статьи – Пиявским С.А.).

Метод аналитической иерархии (АНР) позволяет работать только с качественными критериями и возлагает очень много функций на лицо, принимающее решение (ЛПР). Метод ПРИНН позволяет работать как с качественными, так и с количественными критериями, но в отношении ЛПР позволяет при желании отнести критерии к различным группам важности.

Метод ПРИНН [1] с позиций ЛПР выгодно отличается от метода аналитической иерархии и не требует от ЛПР никакой дополнительной работы, кроме постановки самой задачи. Это объясняется тем, что в нем запрограммированы в виде специальных математических алгоритмов типовые способы учета неопределенности, с максимальной точностью отражающие любые допустимые методы ее учета. Также отличительной особенностью метода АНР и ПРИНН является то, что в методе ПРИНН необходимо определить весовые коэффициенты для предложенных ЛПР характеристик, а в методе АНР требуется расставить критерии превосходства (при этом заранее сравнивать критерии попарно).

Приведем краткое описание метода ПРИНН. В основе метода ПРИНН лежит обобщенное применение функции полезности.

Функция полезности [2-4] (Ф.п.) – экономическая модель для определения предпочтений экономических субъектов. Функцию полезности также принято называть функцией предпочтения. Распространенным способом выражения Ф.п. являются шкалы. Наиболее широко используются такие функции полезности как «Функция полезности с полным дополнением благ» функция полезности Леонтьева) и «Неоклассическая функция полезности» (функция полезности Кобба-Дугласа).

В методе ПРИНН предлагается использовать типовой набор функций полезности, который наилучшим образом, то есть с минимальной гарантированной погрешностью представляет все допустимые функции полезности. Для этого необходимо было рассчитать расстояние между двумя произвольными функциями полезности. Эта задача была решена Шаталовым Р.Б. и результаты опубликованы в нескольких сборниках [2],[4].

В данной работе используется упрощенный метод ПРИНН, с помощью которого был проведен расчет относительного рейтинга активности, выглядит следующим образом:

$$a_i = \frac{3^{k_i}}{\sum_{i=1}^N 3^{k_i}}; i = 1..N$$



Разработка описанной методики позволяет проводить сопоставительное исследование состояния дел в университетах – членах АСВ.

Для осуществления расчетов при помощи метода ПРИНН-У ЛПР необходимо расставить группы значимости для каждого критерия. Пример расстановки групп значимости и полученные весовые коэффициенты для трех критериев можно увидеть в таблице 1.

Таблица 1 – Расчет коэффициентов значимости методом ПРИНН-У

| Критерий | Группа важности | Весовые коэффициенты |
|--|-----------------|----------------------|
| Количество предложенных университетом тем индивидуальных проектов школьников | 1 | 0.07 |
| Количество индивидуальных персональных журналов школьников | 2 | 0.23 |
| Качество взаимодействия школьников с научными консультантами от университета | 3 | 0.69 |

В коллективе Шаталовым Р.Б. было предложено сформировать несколько рейтингов для осуществления мониторинга университетов-членов АСВ – рейтингов активности, результативности и востребованности. Эти рейтинги были рассчитаны при помощи метода ПРИНН-У.

Приведем описание этих рейтингов.

Относительный рейтинг *востребованности* рассчитывается как среднее арифметическое из относительного числа школьников и относительного числа школ, отнесенных к их максимальным значениям.

Относительный рейтинг *результативности* (6 групп значимости) отражает относительное число проектов, находящихся на различных этапах их представления на региональных и всероссийских конференциях: «направлен на региональный этап конференции» - группа значимости **1**; «стал лауреатом регионального этапа конференции», «направлен на всероссийский этап конференции» - группа значимости **2**; «автор участвовал во всероссийском этапе конференции» - группа значимости **3**; «автор стал лауреатом всероссийского этапа конференции» - группа значимости **4**; «автор занял призовое (1-3) место всероссийском этапе конференции» - группа значимости **5**; и «автор рекомендован к участию в международной конференции» - группа значимости **6**.

Относительный рейтинг *активности* (4 группы значимости):

1. Относительное количество предложенных университетом тем к максимальному из предложенных (ТЕМЫ).
2. Относительное число привлеченных школьников к максимальному по университетам (ШКОЛЬНИКИ).



3. Показатель качества взаимодействия со школьниками (ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ):
- относительное число школьников, указавших взаимодействие как хорошее (номер группы значимости 3);
 - среднее (группа значимости 2);
 - слабое (группа значимости 1).
4. Показатель ПРОДВИЖЕНИЕ:
- «получена тема проекта» - группа значимости 1;
 - «составлен обзор литературы» - группа значимости 2;
 - «сформулирована рабочая гипотеза» группа значимости 3 ;
 - «составлен план выполнения проекта» - группа значимости 3;
 - «выполнена теоретическая часть» - группа значимости 4;
 - «выполнена экспериментальная часть» - группа значимости 4;
 - «проведено исследование» - группа значимости 4;
 - «сделаны предварительные выводы» - группа значимости 4;
 - «оформлен предварительный вариант проекта» - группа значимости 5;
 - «получены замечания научного консультанта (тьютора) от университета» - группа значимости 5;
 - «учтены замечания тьютора» - группа значимости 5;
 - «подготовлена презентация к докладу по проекту» - группа значимости 6;
 - «проект успешно защищен в своей школе» - группа значимости 7.

Описанная методика позволяет проводить сопоставительное исследование состояния дел в университетах-членах АСВ.

На основе полученных данных - рейтингов *активности, результативности* и *востребованности* было произведено исследование сравнительной эффективности работы вузов со школьниками в системе мониторинга. Из него было выявлено, что лидирующие позиции по работе с одаренными школьниками в системе мониторинга ОДАРМОЛ занимают три университета-члена АСВ, а именно: Воронежский, Нижегородский и Самарский архитектурно-строительные университеты.

Литература

1. Пиявский, С.А. Методы оптимизации и оптимального управления. Учебное пособие [Текст] /С. А. Пиявский. - Самара, 2005 - 153с.
2. Шаталов, Р.Б. Автоматизированное формирование типовой системы предпочтений для использования в методах принятия многокритериальных решений и экономических задачах [Текст] /Р. Б. Шаталов// 16 международная научная конференция, 50-летию Ю. А. Гагарина посвящается. Системный анализ, управление и навигация. Тезисы докладов. Крым-Евпатория. - 2011. - 171с.
3. Функция полезности – Википедия [Электронный ресурс] //URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Функция_полезности



4. Пиявский, С.А., Шаталов, Р.Б., Автоматизированное формирование типовой системы предпочтений для использования в методах принятия решений и смартфонах [Текст] / С. А. Пиявский, Р. Б. Шаталов// Труды Международной научно-методической конференции «Информатизация инженерного образования» - ИНФОРИНО-2012. - М.: Издательский дом МЭИ, 2012. - 552 с.: ил. С. 405-408.

5. Бальзанников, М.И., Пиявский, С.А., Козлов, В.В., Камальдинова, З.Ф., Шаталов, Р.Б. Всероссийская конференция индивидуальных исследовательских проектов, выполняемых школьниками при научном консультировании ученых международной ассоциации строительных вузов [Текст], /М.И. Бальзанников, С.А. Пиявский, В.В. Козлов, З.Ф. Камальдинова, Р.Б. Шаталов// Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16. № 2-3. С. 518-524.

Е.Е. Поберезкин

РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ 3D-ЗАДАНИЙ ПО ИНФОРМАТИКЕ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ «3DUCATION»

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Дистанционная обучающая система «3Ducation» предназначена для подготовки школьников к единому государственному экзамену (ЕГЭ) по информатике и использует игровой подход к обучению. Система построена на технологии виртуальной реальности, поэтому все учебные задания (лекции, тестовые задания) представлены в виде трехмерных комнат, соединенных коридорами. Для повышения эффективности обучения было принято решение о разработке подсистемы, позволяющей создавать различные 3D-задания по информатике по следующим основным разделам информатики, знание которых необходимо для сдачи экзамена:

- системы счисления;
- алгебра логики;
- программирование;
- кодирование информации;
- компьютерные сети.

3D-Задания реализуются с использованием возможностей игрового движка Unity3D. Каждое задание будет реализовано в виртуальном мире как отдельная комната, в которой пользователь может взаимодействовать с находящимися в ней объектами для достижения результата.

Задание на системы счисления

На рис. 1 приведен прототип комнаты, в ней расположены следующие объекты:

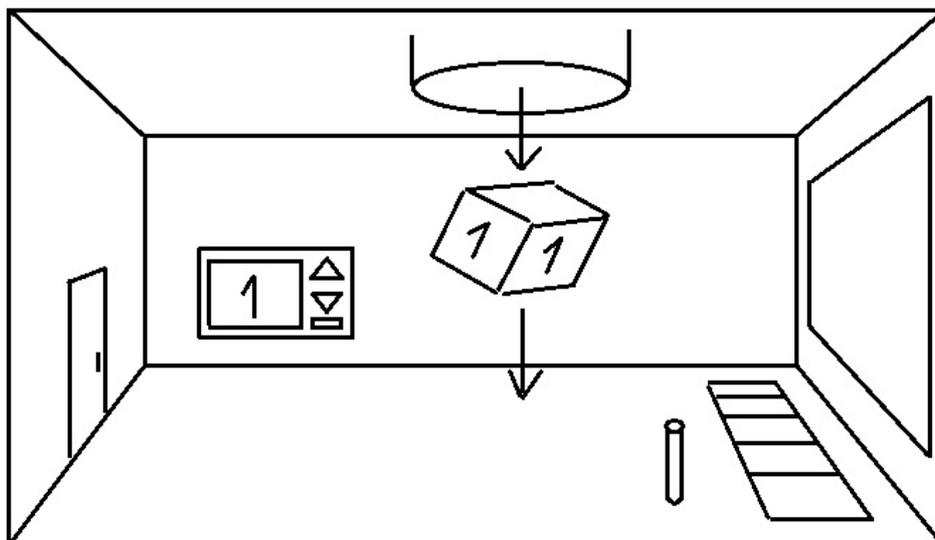


Рис. 1. Прототип 3D-комнаты с заданием на системы счисления

- Экран, на котором выводится описание задачи, например, арифметическое действие над числами в какой-либо системе счисления или перевод чисел из одной системы счисления в другую (задания могут быть на двоичную, восьмеричную, десятичную и шестнадцатеричную системы счисления).
- Панель управления выбора куба с цифрой, которую он хочет получить. Выбор цифры происходит с помощью треугольных кнопок, а подтверждение выбора – с помощью прямоугольной кнопки, расположенной под ними, при нажатии на нее из трубы, встроенной в потолок, выпадает куб с выбранной пользователем цифрой.
- Источник кубов, реализованный в виде трубы (количество кубов в комнате ограничено числом цифр в правильном ответе плюс пять).
- Панель для расстановки кубов, на которой необходимо расположить кубы с цифрами в порядке, соответствующем правильному ответу (начиная с первого (левого) квадрата). Пользователь может поднимать, переносить и опускать кубы.
- Кнопка для подтверждения ответа, которую пользователь должен нажать после выполнения задания.

Задачи генерируются подсистемой в случайном порядке: выбирается тип задачи, система(ы) счисления и числа, над которыми нужно произвести действие. Оценивание выполнения задания производится в зависимости от количества попыток, понадобившихся пользователю для получения правильного ответа.

Задание на алгебру логики

Прототип комнаты для выполнения данного задания аналогичен 3D-комнате, приведенной на рис. 1, в ней расположены следующие объекты:

- Контейнеры для выбора табличек логических операций и значений 0 (ЛОЖЬ) и 1 (ИСТИНА). Пользователь может доставать таблички из контейнеров и вставлять их в недостающие части схемы. При выполнении данного задания цель пользователя – получить на выходе схемы значение ИСТИНА.



- Экран с логической схемой, некоторые части которой пропущены. На рис. 2 приведен пример задачи: $(1 \rightarrow \square) \square (0 \rightarrow \square) \square (\square \rightarrow 1) \square (\square \rightarrow 0)$. Символом \square изображается пропуск. Правильным ответом была бы такая последовательность (в порядке пропусков): 1, 0 или 1, 0 или 1, 0.
- Кнопка для подтверждения ответа.

Обозначения на схеме:

- Жирная линия – сигнал ИСТИНА;
- Тонкая линия – сигнал ЛОЖЬ;
- Пунктирная линия – отсутствие сигнала, ожидание подстановки пользователем таблички с сигналом ИСТИНА или ЛОЖЬ;
- Волнистая линия – сигнал, являющийся результатом предыдущей операции.

При визуализации схемы в комнате жирная линия изображается как светящаяся, тонкая линия – как несветящаяся.

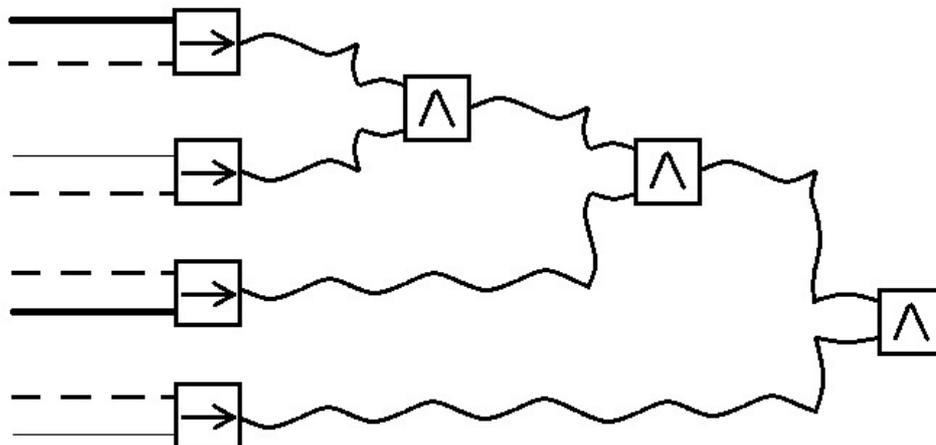


Рис. 2. Пример задания на алгебру логики

Сигналы-результаты не превращаются в сигналы ИСТИНА и ЛОЖЬ, пока пользователь не подтвердит расстановку табличек нажатием на кнопку. С помощью этого обеспечивается возможность оценки решения пользователем задачи в зависимости от затраченных им попыток.

Задачи хранятся в системе в качестве ресурсов, а не генерируются автоматически. Их количество ограничено, условия задания фиксированы и задаются разработчиком. При считывании задания подсистема генерирует схему, и при нажатии пользователем кнопки подтверждения ответа проверяет правильность расположения табличек.



М.А. Савачаев

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО КЛИЕНТА ДИСТАНЦИОННОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ «3DUCATION» ПОД ОПЕРАЦИОННУЮ СИСТЕМУ WINDOWS PHONE

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Сфера информационных технологий в наше время развивается быстрыми темпами, создается и поддерживается высокий спрос на грамотных специалистов в ИТ-области. Это делает актуальной разрабатываемую на кафедре программных систем СГАУ игровую дистанционную обучающую систему «3Ducation», ориентированную на школьников старших классов, которые хотят получить новые знания или усовершенствовать свои навыки в сфере информационных технологий.

Система «3Ducation» постоянно развивается и усовершенствуется, повышение мобильности системы путем её перевода на мобильные устройства, такие как смартфоны, ноутбуки и планшетные компьютеры, позволит расширить потенциальную аудиторию и увеличить вовлеченность обучаемых в образовательный процесс. С учетом того, что рынке мобильных устройств лидерство по-прежнему принадлежит тройке мобильных операционных систем – это Android, iOS и, – разработчиками было принято решение о переводе обучающей системы «3Ducation» на мобильную платформу Windows Phone. Данная операционная система разработана фирмой Microsoft и хорошо интегрируется с другими сервисами от Microsoft: с игровым сетевым сервисом Xbox Live, открывающим для пользователя широкие мультимедиа возможности, и медиаплеером Zune. Это существенно повышает конкурентоспособность мобильных устройств на платформе Windows Phone на рынке игровых программ, к которым можно отнести и систему «3Ducation», которая использует технологии виртуальных миров и игровой подход к обучению.

При создании виртуального мира обучающей системы «3Ducation» используется технология Unity3D, основными преимуществами которой: мультиплатформенность, поддержка множества популярных форматов звуковых, видео-файлов, файлов для трёхмерных моделей и т.д., – объясняет её широкое распространение среди разработчиков, в том числе и мобильных приложений.

В ходе выполнения поставленной задачи были выявлены несколько существенных проблем переноса системы на мобильные устройства:

- разный размер экрана у целевых устройств, работающих под операционной системой Windows Phone (см. рис. 1). Проблема разных размеров экранов на мобильных устройствах не может быть решена простым масштабированием, экранные джойстики должны иметь привязку относительно границ экрана;



Рис.1. Пример многообразия размеров экрана у устройств, работающих под операционной системой Windows Phone

- низкая относительно персональных компьютеров производительность процессора, слабый графический модуль. В связи с этим необходимо обратить повышенное внимание на оптимизацию работы приложения с целью обеспечения должной стабильности его работы;
- принципиально другие доступные средства управления (см. рис. 2). Большинство мобильных устройств в наше время используют сенсорный дисплей в качестве основного средства ввода. В связи с этим в качестве средства управления игровым персонажем были выбраны экранные джойстики, которые позволяют в интуитивно понятной форме осуществлять перемещение персонажа и управление камерой.



Рис.2. Пример использования средств управления, предоставляемых сенсорным экраном



Помимо этого, сенсорные дисплеи представляют возможность использовать в качестве средств управления различные жесты (такие как растягивание, нажатие на экран и др.).

Таким образом, перед автором стоит задача грамотного использования всех вышеперечисленных средств управления для предоставления пользователям мобильного клиента полной функциональности системы.

И.В. Семушин

МЕТОД ПРОЕКТОВ – ИНСТРУМЕНТ АКТИВНОГО ОВЛАДЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ДИСЦИПЛИНАМИ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

(Ульяновский государственный университет)

1. ПРЕДПОСЫЛКИ

1.1. Учиться, делая

Развитие навыков глубокого мышления является одной из главных забот педагога. Исследования показывают, что использование компьютера как инструмента познания открывает большие возможности. Однако ещё большие возможности заключает в себе разработка программ для компьютера. Здесь студент реализует себя не как пользователь готового, но как создатель нового.

Разработка, проектирование – это творческая деятельность, рассчитанная на пытливость молодого ума. Включение психологических механизмов, мотивирующих к такой деятельности, меняет всю «философию» педагога. Образовательное взаимодействие преподавателя и студента из «препо-центрированного» превращается в «студент-центрированный» процесс. Фокус процесса смещается от «преподавателя-рассказчика» к студенту, который «учится, делая». Об этом говорил ещё Аристотель: «Ибо то, что нам надо постичь, чтобы уметь это делать, мы постигаем, делая это».

Метод проектов имеет долгую (столетнюю) традицию в науке и практике образования. Так, в одной из недавних работ, цитированных в [1], читаем:

«Kilpatrick (1918) отстаивал «проектный метод», а Dewey (1900) продвигал «обучение из опыта». В типичном случае обучение, основанное на проектах, имеет пять характеристик: (а) целенаправленность, (б) ведущий вопрос, (в) подлинность (соответствие реальности), (г) конструктивное исследование и (д) самостоятельность студента».

Проекто-ориентированное образование (ПОО) широко распространено за рубежом. Наиболее заметной формой и способом реализации ПОО является *Всемирная инициатива CDIO* (<http://www.cdio.org>). На конец 2014 года в CDIO входят 114 университетов мира, из них 9 российских. Для поддержки проекто-ориентированного обучения в РФ 18.01.2011 создано ООО «Конвергус». Автономная НКО «Агентство стратегических инициатив по продвижению новых



проектов» (<http://www.asi.ru/>) создана 11.08.2011. Однако эти организации могут быть отнесены к категории «политических». Реализацией ПОО «на местах» и другими инновациями способны заниматься лишь конкретные вузы, конкретные люди, см., например, Project Laboratory in Mathematics, <http://ocw.mit.edu/>.

1.2. Особенности КИТов

Компьютерные информационные технологии (КИТы) как предметы для преподавания или изучения обладают той особенностью, что не могут быть просто «вложены» в память учащегося. Это означает, что хороший студент не хочет останавливаться на первом уровне знания, т.е., на уровне простого понимания. Он стремится перейти на следующий уровень, – уровень самостоятельного воспроизведения того, что понял. Хотя и это уже неплохо, некоторые студенты не останавливаются на этом. Для них важен третий уровень, который означает способность усомниться в качестве имеющегося решения, предложить новое решение и обосновать его преимущества.

Другое свойство КИТов заключается в том, что их справедливо относят к категории «кабинетных» наук, то есть, наук, которые требуют значительных индивидуальных усилий. Однако для многих университетов характерны большие аудитории студентов до такой степени, что их обозначают термином «поток». Почти очевидно, что большой поток студентов служит своеобразным *препятствием* на пути развития независимого, самостоятельного мышления. Многие студенты предпочитают «плыть по течению», нежели трудиться независимо, то есть, они хотят (им проще) быть «как все». Как превратить это препятствие в преимущество? Каким образом преподаватель может поощрить студенческую независимость? Как он может помочь студентам понять их выдающиеся способности? И, наконец, как мы можем доказать им, что КИТы – это не собрание непроверяемых и малопонятных фактов, а живая, красивая наука, питающая творческое воображение и дарующая жизнь множеству (даже не существовавших ранее) приложений?

2. ПОО + ФСП = МОДИФИКАЦИЯ ПОВЕДЕНИЯ

2.1. Главная идея ФСП

Термин ФСП – *Фронтально-состязательный подход* – объясняется им самим. *Фронтальный* означает вовлекающий всю аудиторию в достижение одной цели. *Состязательный* означает дающий возможность достижения успеха, благодаря индивидуальным творческим и нестандартным решениям или действиям. Чтобы воплотить ФСП в жизнь, мы делаем следующее:

- Организуем творческую обстановку.
- Пробуждаем творческий потенциал студента.
- Даём толчок студенческому инстинкту соперничества.
- Обеспечиваем прозрачность критериев оценивания.

Эти компоненты ФСА проработаны нами детально в преподавании дисциплин Вычислительная математика, Численные методы [1] и Исследование операций.

Однако изложенное выше есть лишь предпосылка, отвечающая на вопрос: *Что надо сделать*, чтобы развить в студентах «вычислительные» таланты и навыки профессионала в области КИТов. Для практического воплощения



ФСР, позволяющего получить желаемый результат, мы применяем методику ПОО – проекто-ориентированное обучение и тем самым отвечаем на вопрос: *КАК это делать*, чтобы менять поведение студентов к лучшему.

2.2. Теории обучения

Большинство дискуссий в теориях обучения отмечают важность мотивации, обратной связи и поощрения. Замечено, что компьютеры улучшают мотивацию к обучению, особенно для людей с физическими ограничениями или же одарённых, тем, что они: (1) занимают внимание, (2) индивидуализируют преподавание, (3) обеспечивают доступ к поучительным ситуациям и впечатлениям, что трудно обеспечить иными средствами, (4) предоставляют возможности и средства коммуникации. Согласно Malone (1981):

«Обратная связь и поощрение – два ключевых момента в обучении. Обратная связь снабжает учащегося информацией о его ответах, в то время как поощрение усиливает тенденцию к повторению некоторого специфического ответа. Информационная теория обучения придаёт большее значение обратной связи, в то время как бихевиористская теория акцентирует поощрение. В обоих случаях одной из критических величин является промежуток времени между ответом и обратной связью или поощрением, и чем меньше этот промежуток, тем легче и естественнее протекает процесс обучения».

Однако вести учебный процесс в точном соответствии с принципом «стимул-реакция-обратная связь/поощрение» чрезвычайно трудоёмко, а с взрослыми людьми ещё и непросто.

Преподаватели университета тем и отличаются от учителей школы, что не проводят каждый день «уроки» или контрольные работы или зачёты и не вступают в существенные взаимодействия информацией, пока студенты сами не обращаются с вопросами. Они, скорее, *инструктируют* студентов и дают им волю «впитывать» содержание курса посредством значительной по объёму самостоятельной работы. Справедливо говорит Richard Dorf: «То, что мы по настоящему изучили и поняли, мы открывали сами». Это снова убеждает нас в том, что *проекто-ориентированная методика* соединяет шесть преимуществ и предполагает их практическую, эффективную реализацию [1]:

1. *Целенаправленность*. Задание на проект (работу) должно настраивать студента или группу студентов, если проект групповой, на достижение одной цели, которую они сами способны понять и сформулировать.
2. *Подлинность*. Задание должно соответствовать реальности, то есть формулировать задачи, соответствующие действительности.
3. *Вызов*. Задание должно предусматривать возрастающие уровни сложности, бросающие студенту вызов с тем, чтобы актуализировать (приводить в действие) все возможности личности, её творческий потенциал и состязательный инстинкт.



4. *Разнообразие*. Набор заданий должен создавать возможность свободного выбора несовпадающих тем и предусматривать различные сценарии выполнения для поддержания интереса.
5. *Поощрение*. Оценивание достигнутого студентом уровня должно быть количественно измеримо и понятно студенту по мере улучшения приобретённых им навыков и согласно текущей общей успешности выполнения задания (распределённое градуированное поощрение).
6. *Навигация*. Студент должен иметь возможность индивидуально осуществлять навигацию по любым сценариям выполнения проекта (контролируемая студентом навигация) для получения желаемой оценки и – в конечном итоге – для достижения своих личных образовательных целей.

2.3. Учебные пособия в развитие ПОО

Наша работа поддержана грантом РФФИ, соглашение № 14-07-00665. Основой для разработки учебного пособия [1] послужило издание [2]. Его первая часть содержит материал начального уровня, составляющий основу вычислительной линейной алгебры, а вторая часть представляет собой курс повышенного типа и, соответственно, рекомендуется как специальный раздел. Тематика охватывает стандартные алгоритмы LU -разложения (26 вариантов), векторно-ориентированные алгоритмы LU -разложения (40), алгоритмы окаймления в LU -разложении (16), разреженные формы LU -разложения (48), разложения Холесского (40), ортогональные преобразования (28), итерационные методы (15), одновременное решение нормальных уравнений (28), устойчивые алгоритмы калмановской фильтрации (26) и ортогонализованные блочные алгоритмы калмановской фильтрации (8). Общее число индивидуальных заданий равно 275.

В новом пособии [1] сохранено содержание [2], но методически оно проработано с ориентацией на язык реализации C#. Общее число индивидуальных заданий сокращено до 257 за счёт того, что включены подробные методические указания для студентов и дана полная демонстрация рабочего процесса по выполнению одного из этих заданий на языке C#.

Кроме этого, в 2014 году выпущено учебное пособие, по которому студенты УлГУ выполняют 94 задания на проекты по трём темам: стандартные алгоритмы LU -разложения (26 вариантов), разложения Холесского (40) и ортогональные преобразования (28) на языке программирования MATLAB.

Литература

1. Семушин, И.В. Вычислительная линейная алгебра в проектах на C#: Учебное пособие / И. В. Семушин и др. – Ульяновск: УлГТУ, 2014. – 429 с.
2. Семушин, И.В. Вычислительные методы алгебры и оценивания: Учебное пособие / И. В. Семушин. – Ульяновск: УлГТУ, 2011. – 366 с.



Е.В. Симонова, Е.Г. Скорюпина

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНСТРУИРОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ ДЕЙСТВИЙ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙНЫХ И НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЙ В СИСТЕМЕ «АДАПТИВНЫЙ ТРЕНАЖЕР»

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Введение

При организации космических полетов всегда требуется учитывать риск возникновения различных опасностей. Поэтому одной из важных задач управления полетами современных космических аппаратов (КА) является обеспечение безопасности на космическом корабле, что требует своевременного обнаружения и ликвидации нештатных и аварийных ситуаций (НШ и АС) на борту КА [1].

В настоящее время основная проблема в организации и проведении тренировок персонала главной оперативной группы управления (ГОГУ) по отработке действий в аварийных ситуациях – это отсутствие современных тренажеров, позволяющих моделировать НШ и АС бортовых систем РС МКС. Специализированные стенды и комплексы имеют существенные ограничения: отсутствуют кадры телеметрии, выполнение имитации происходит только на этапе автономного полета и др.

Адаптивный тренажер (АТ) – это информационная среда, разрабатываемая для организации командных и индивидуальных тренировок [2, 3]. Основой АТ является использование новых методов и средств улучшения показателей оперативности и эффективности действий ГОГУ на основе представления необходимой достоверной информации при парировании НШ и АС.

Одним из основных преимуществ тренажера является возможность создания сценариев различных НШ и АС, реализуемая одним из модулей – конструктором алгоритмов. Данные алгоритмы нужны для определения первоначального плана (или перечня рекомендаций) действий экипажа при ликвидации аварийных и нештатных ситуаций.

Необходимость разработки собственного модуля связана с особенностью применяемой модели знаний, представленной онтологией в виде RDF/OWL графов [4,5], а также последующим использованием созданного алгоритма для моделирования, позволяющим проверить корректность последовательности действий, и применения плана при создании и прохождении тренировок (планирование).

Постановка задачи

Пусть пользователю требуется описать первоначальный план действий экипажа в виде алгоритма на основе бортовой документации. Конструктор алгоритмов должен реализовывать возможность создания блок-схемы действий с



использованием правил преобразования для последующего применения в модуле поддержки принятия решений.

Для создания концептуальной модели МКС и формализации знаний, используемых в системе, требуется описание онтологий (семантических сетей), содержащих:

- понятия и отношения для спецификации элементов физической структуры (модульного состава МКС, состава бортового оборудования, состава экипажа, кадров телеметрии);
- описание условий возникновения НШ и АС;
- описание действий экипажа для парирования НШ и АС.

Описание прототипа системы

Система разрабатывается на платформе .NET Framework на языке С# в интегрированной среде разработки Microsoft Visual Studio 2012, с использованием библиотеки dotNetRDF, которая позволяет работать с графами в модели знаний RFD/OWL.

Прототип системы предоставляет пользовательский веб-интерфейс. Рабочее окно конструктора (рисунок 1) состоит из трех основных частей: сцены, области параметров и рабочего полотна, где будет выполняться построение блок-схемы.

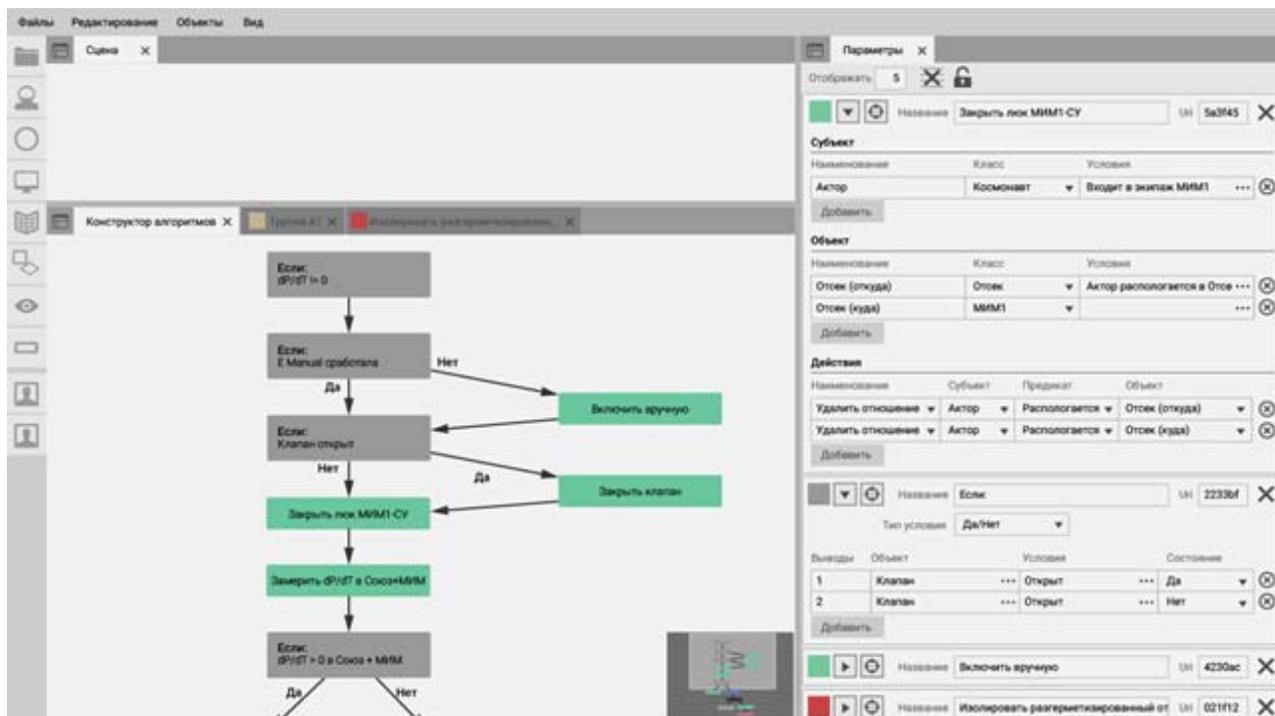


Рис. 1. Общий вид конструктора алгоритмов (макет)

В меню конструктора будут доступны наборы действий из библиотеки, созданной на основе онтологии. Данная библиотека может быть дополнена пользователем, что позволит увеличить число моделируемых сценариев.

При работе с каждым из блоков от пользователя потребуется заполнить параметры, которые включают указание участников действий, условия работы



блоков и т.д. Отношения предшествования-следования между блоками устанавливаются автоматически.

Архитектура конструктора алгоритмов

Конструктор алгоритмов является частью АТ и содержит три основных модуля (рисунок 2):

- графический редактор, который предоставляет пользователю средства описания алгоритмов (блоки действий, условные элементы и др.);
- модуль интерпретации, формирующий на основе графического представления алгоритм, понятный компьютеру;
- модуль исполнения, осуществляющий моделирование созданного алгоритма.

В ходе построения последовательности действий проверяется согласованность введенных пользователем данных. Модуль исполнения позволяет моделировать действия экипажа в сцене с целью получения параметров сцены на каждом шаге выполнения алгоритмов. Параметры сцены отражаются пользователю в виде телеметрической информации.

Созданный алгоритм может быть сохранен в онтологии.

Система АТ использует алгоритмы, для построения плана по парированию аварийных и нештатных ситуаций.

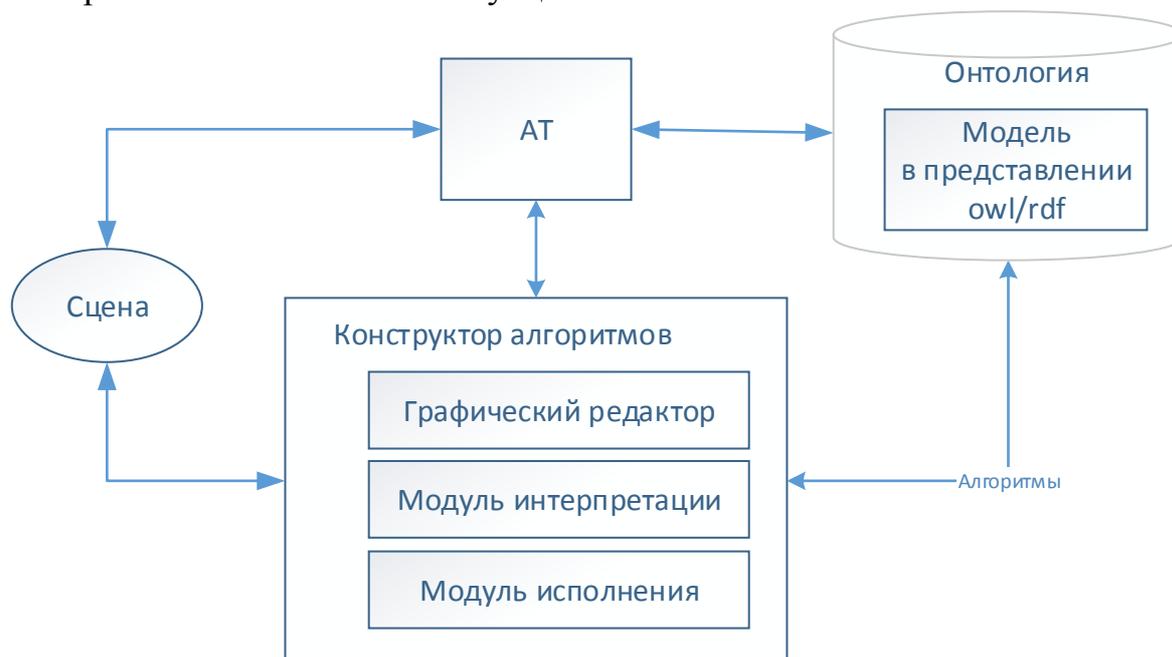


Рис. 2. Архитектура конструктора алгоритмов

Заключение

Был создан прототип автоматизированной системы конструирования алгоритмов действий при ликвидации аварийных и нештатных ситуаций в системе «Адаптивный тренажер». Прототип обеспечивает базовые возможности для работы с системой: составление алгоритмов из блоков библиотеки, установление связей, ввод параметров блока действия или условия.

В перспективе требуется реализовать контроль входных и выходных данных, встроить модуль исполнения процессов в отладчик конструктора алгоритмов.



мов и использовать модуль планирования в системе АТ для создания плана действий экипажа и специалистов на основании описанных алгоритмов.

Литература

1. Береговой Г.Т., Ярополов В.И., Баранецкий И.И. Справочник по безопасности космических полетов. М.: Машиностроение, 1989. – 336 с.
2. Матюшин М.М., Черленяк Н.Н., Волков О.В., Скобелев П.О., Сюсин И.А., Карбовничий В.П., Соллогуб А.В., Царев А.В., Симонова Е.В. Применение мультиагентных технологий для прогнозирования и парирования нештатных и аварийных ситуаций на МКС // // Труды XIV Международной конференции “Проблемы управления и моделирования в сложных системах”, Самара, 22-25 июня 2012 г. – Самара: Самарский научный центр РАН, 2012. – С. 710-717.
3. Матюшин М.М., Потоцкий С.И., Потапов В.И., Скобелев П.О., Лахин О.И. Автоматизированная система поддержки принятия решений в аварийных ситуациях // Программные продукты и системы. 2013. № 3. – С. 62-69.
4. OWL 2 Web Ontology Language Primer (Second Edition) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.w3.org/TR/owl2-primer/> (дата обращения: 06.03.2014).
5. Resource Description Framework (RDF): Concepts and Abstract Syntax [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.w3.org/TR/2004/REC-rdf-concepts-20040210/> (дата обращения: 06.03.2014).

С.И. Студенок

СИСТЕМА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ДИСТАНЦИОННЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ ПРАКТИКУМОВ «SIAMS LABWORKS»

(ООО «СИАМС»)

В настоящее время одним из приоритетных направлений в развитии современного образования является обучение студентов с использованием дистанционных технологий. Все больше вузов в учебном процессе используют электронные системы обучения, которые позволяют управлять контентом, содержанием курсов и отслеживать результаты обучения [1]. Наибольшую сложность представляет разработка программ дистанционного обучения для технических специальностей, поскольку важной компонентой таких программ являются практические занятия (лабораторные практикумы), на которых студенты работают с физическими приборами и целыми экспериментальными установками. Очевидно, что создание полноценной программы дистанционного обучения для инженерных специальностей без учета лабораторного практикума невозможно, поскольку в процессе выполнения лабораторных работ студент овладевает важными практическими навыками, без которых будущий инженер просто не состоится. Таким образом, решение проблемы виртуализации лабо-



ракторных практикумов для систем дистанционного обучения является важной задачей.

Сегодня многие эксперты сходятся во мнении, что для программ дистанционного обучения наилучшей формой практических занятий являются виртуальные лабораторные практикумы (ВЛП), суть которых заключается в замене реального физического прибора, объекта или процесса их математической моделью [2, 3]. При внедрении в процесс дистанционного обучения виртуальных лабораторных практикумов вузу необходимо решить ряд технических задач:

1) организация доступа и одновременного использования большим количеством пользователей компьютерных моделей ВЛП через платформу системы дистанционного обучения вуза;

2) организация процесса проведения ВЛП с учетом методических и организационных требований, которые предъявляются к проведению реальных практических занятий.

Решение вышеперечисленных задач практически невозможно осуществить только в рамках существующих платформ дистанционного обучения, таких как Moodle, Sakai, eLearningServer 4G (HyperMethod) и др., поскольку они не содержат инструментов для работы с компьютерными моделями. Для преодоления вышеуказанных трудностей компанией «СИАМС» в соответствии с отраслевым стандартом ОСТ 9.2-98 была разработана среда проведения виртуальных лабораторных практикумов «SIAMS LabWorks» (далее – Система). Данная Система представляет собой централизованное хранилище компьютерных моделей физических и технологических процессов, изучаемых студентами на практических лабораторных занятиях в вузе. Система «SIAMS LabWorks» устанавливается локально на серверы вуза, которые по своему функционалу делятся на головной и узловые. На главный сервер устанавливается пакет интегрированных веб-приложений, а также модуль распределения нагрузки на вычислительную сеть и администрирования базы данных. Узловые серверы служат для проведения расчетов компьютерных моделей, визуализации полученных результатов и связки вычислительных процессов с базой данных Системы. Доступ к компьютерным моделям осуществляется через браузер, как из локальной сети вуза, так и из сети Интернет.

Возможности «SIAMS LabWorks» позволяют проводить полный цикл работ по организации и проведению виртуального лабораторного практикума:

1) знакомство с теоретическими и методическими материалами по выполнению работы;

2) знакомство с заданием;

3) ввод входных параметров модели;

4) запуск расчетов (удаленно в браузере);

5) просмотр результатов расчета (выходных параметров), которые могут быть представлены в текстовом, графическом и мультимедийном форматах;

6) отправка отчета на проверку;

7) знакомство с результатами проверки отчета.

Основными достоинствами «SIAMS LabWorks» являются:



1) Возможность встраивания в наиболее распространенные системы дистанционного обучения, такие как Moodle, Sakai, eLearningServer 4G и прочие.

2) Масштабирование на любое количество студентов, одновременно работающих в системе.

3) Наличие системы имитации ошибок реального (натурного) эксперимента, которая основана на статистическом анализе базы результатов натуральных экспериментов, формируемой при проведении лабораторных практикумов в лабораториях.

4) Возможность загрузки в Программу сторонних компьютерных моделей и создание на их основе виртуальных лабораторных практикумов. Вуз может приобрести программы и расчетные алгоритмы у других организаций или разработать их самостоятельно. При разработке новой компьютерной модели не нужно задумываться о том, где хранить входные и выходные файлы, о красоте и понятности интерфейса, куда прикладывать руководства и описания, как интегрироваться с другими программными пакетами - все это уже есть в Программе. Разработчику необходимо только запрограммировать алгоритм и загрузить его в систему.

5) Наличие инструментов по проведению исследовательской работы. «SIAMS LabWorks» позволяет задавать не отдельные значения входных параметров компьютерных моделей, а целые диапазоны изменения входных параметров с определенным шагом. В результате учащиеся получают на выходе массивы данных расчета моделей, элементами которых выступают результаты, полученные при различной комбинации входных параметров из указанных диапазонов. Эти данные выгружаются в пакеты статистического анализа, где и могут быть проанализированы. Это открывает перед студентами широкие возможности для исследования влияния входных параметров на конечный результат и позволяет осуществлять оптимальный подбор входных характеристик для проведения реального эксперимента.

6) Наличие встроенного в Программу специального инструментария, который позволяет записывать и проигрывать высококачественные видеоролики вычислительных экспериментов, создавать и отображать 3D-модели структур, строить графики и гистограммы. Такая приближенная к реальности интерактивная анимация помогает обучающемуся увидеть то, что порой невозможно увидеть в реальном эксперименте, и лучше разобраться в изучаемом явлении.

На сегодняшний день на базе данной системы разработан виртуальный лабораторный практикум по процессам порошковой металлургии, моделированию в нанотехнологиях и металлографическому анализу. Система успешно функционирует в Уральском федеральном университете имени первого Президента России Б.Н. Ельцина и ряде других вузов. В будущем компания «СИАМС» планирует создание на базе локальных Систем отдельных вузов единую грид-систему, что позволит на порядки увеличить производительность и превратить Систему каждого вуза в мощную eScience- платформу.



Литература

1. Иванова, Н. Н. Особенности разработки виртуальных лабораторных практикумов в системе дистанционного обучения / Н. Н. Иванова, Е. Б. Егоркина // Телематика 2011: материалы XVIII Всероссийской науч.-метод. конф. - Санкт-Петербург: изд-во Санкт-Петербургского гос. ун-та инф. технологий, механики и оптики, 2011. – С. 97.
2. Алексеев, В. В. Виртуальные средства измерений / В. В. Алексеев // Приборы. - 2009.- № 6. - С. 1–7.
3. Кравченко, Н.С. Комплекс компьютерных моделирующих лабораторных работ по физике: принципы разработки и опыт применения в учебном процессе / Н.С. Кравченко, О. Г. Ревинская, В.А. Стародубцев // Физическое образование в вузах. – 2007. - №10. – С. 31-34.

В.М. Тимошина, Л.С. Зеленко

ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ «МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ» ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ УЧЕБНОГО ПРАКТИКУМА

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Процесс оптимизации лежит в основе всей инженерной деятельности, поскольку функции специалиста состоят в том, чтобы, с одной стороны, проектировать новые, более эффективные, менее дорогие технические системы, а, с другой стороны, разрабатывать методы повышения качества функционирования существующих систем. Очень часто из многих возможных решений задачи необходимо выбрать оптимальное. Например, из нескольких вариантов сжигания топлива необходимо выбрать наиболее дешевый, но такой, который учитывает ограничения на допустимые параметры по экологии, надежности и т.д.

В настоящее время разработано большое количество программных средств, включающих в себя различные методы оптимизации, но не все они являются доступными или удобными в использовании непосредственно в учебном процессе.

Автор разрабатывает автоматизированную систему, предназначенную для поддержки учебного практикума по дисциплине «Методы оптимизации», которая позволит студентам выполнять учебные задания на практических занятиях, а преподавателям – выдавать задания студентам, осуществлять проверку выполненных заданий и контролировать текущую успеваемость студентов.

Система должна работать в многопользовательском режиме, поэтому представляет собой распределенное клиент-серверное приложение. Серверная часть хранит все данные, представленные в виде базы данных и файлов с результатами работы. Клиентское приложение системы обеспечивает пользователям доступ ко всем функциям системы, а также осуществляет связь с серверной



частью системы по протоколу TCP/IP, что подразумевает работоспособность системы как в локальной сети, так и в глобальной сети Интернет.

В системе реализовано три основных роли:

- 1) *Администратор* отвечает за разграничение прав пользователей, ведет списки групп студентов и связывает их с преподавателями (рис. 1);
- 2) *Преподаватель* составляет и проверяет задания студентов, составляет план работ и работает с электронным журналом, в котором он может контролировать успеваемость студентов (рис. 2);

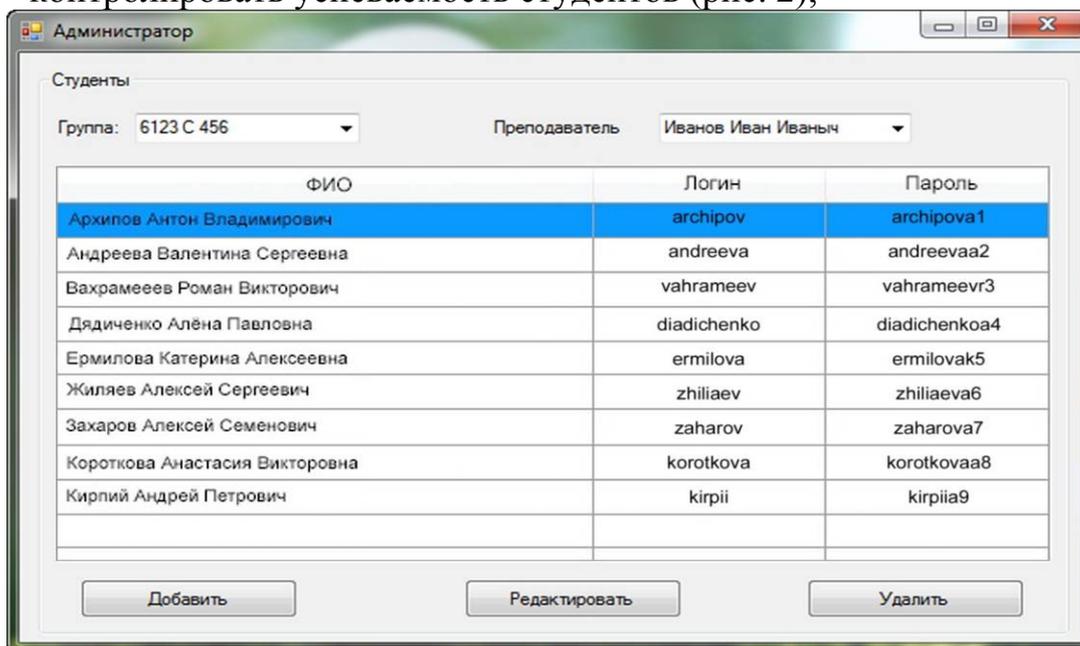


Рис. 1. Экранная форма ведения списка студентов

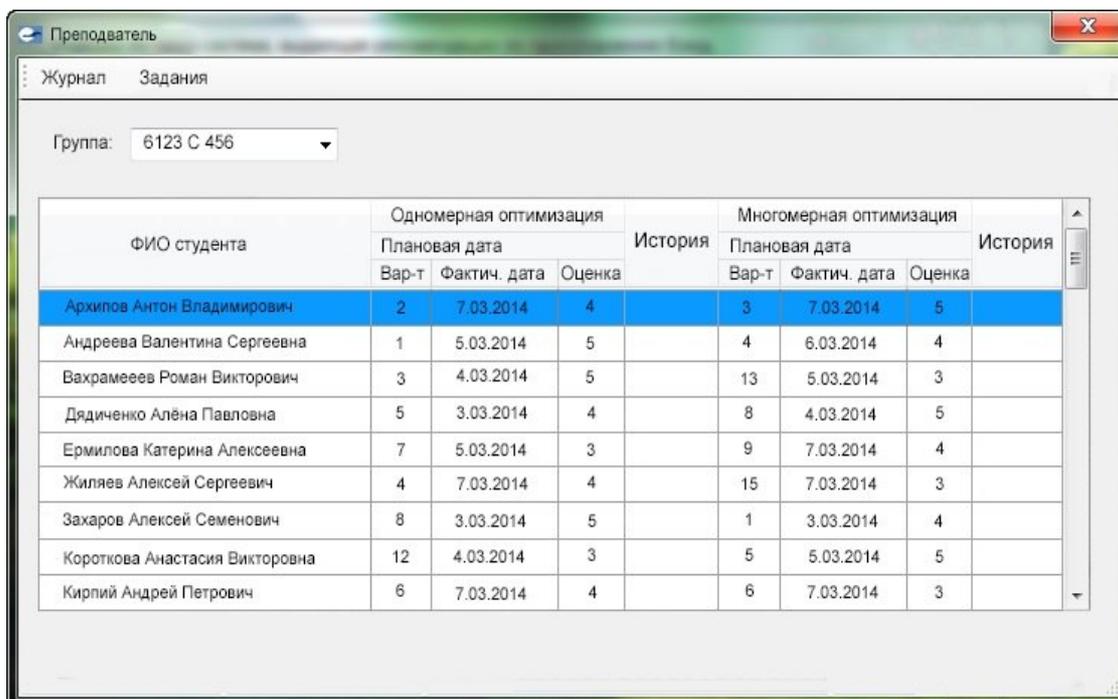


Рис. 2. Экранная форма «Электронный журнал»



- 3) *Студент* выполняет задания по теме («Одномерные методы оптимизации» или «Многомерные методы оптимизации»): настраивает параметры методов (вводит начальные значения параметров функции), масштабирует график, включает и отключает визуализацию сетки, может построить график производной функции (рис. 3). После получения результата студент может сохранить результат выполнения задания в файл формата .doc, который будет храниться на сервере.

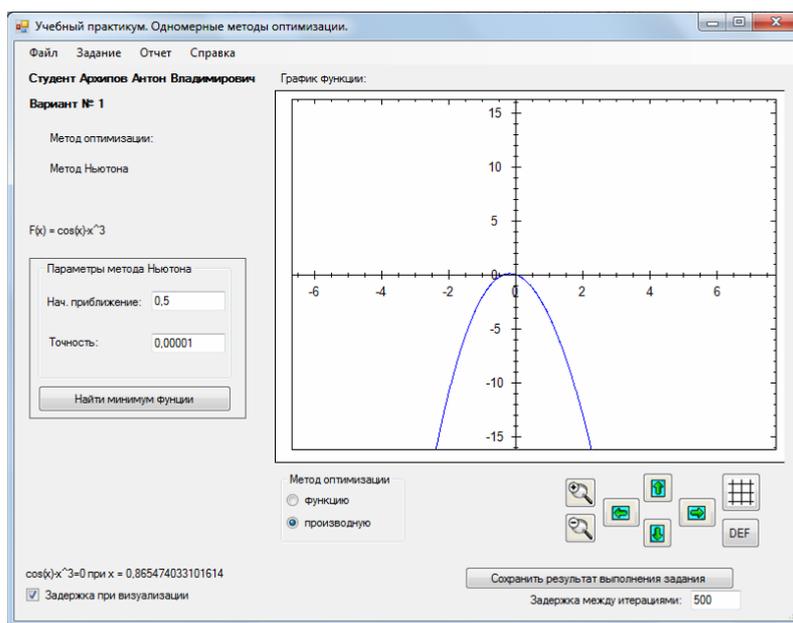


Рис. 3. Отображения графика производной одномерной функции

В системе реализовано большое количество трудоемких вычислительных алгоритмов, с помощью которых студенты могут исследовать поведение большого количества функций при различных исходных данных и ограничениях. Она имеет гибкую структуру и может легко расширяться за счет добавления новых методов и функций.

Система может применяться в учебном процессе многих специальностей, в рабочие планы которых включена дисциплина «Методы оптимизации», а также при изучении других математических дисциплин, в состав которых входит данный раздел. С ее помощью можно повысить эффективность приобретения знаний, умений и навыков студентами. Кроме того, система облегчает работу преподавателя, позволяет хранить всю историю работы студента, что дает возможность интегрально оценивать его знания.



В.В. Угаров

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ УРОВНЯ ОСВОЕНИЯ НАВЫКОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ В УЧЕБНОЙ ГРУППЕ

(Ульяновский государственный университет)

Введение

В настоящее время в сфере образования широко внедряется автоматизация промежуточного и итогового контроля результатов обучения. В этом отношении преподавание дисциплины «Программирование» предоставляет особый интерес. Во время выполнения практических, лабораторных работ, курсовых и дипломных проектов студентами создаются программные продукты как результат учебной деятельности, изначально представленные в электронном виде и готовые к обработке на компьютере.

Учебная программа, составленная студентом во время выполнения лабораторной работы, (назовем такую программу академическим программным продуктом - АПП), отражает в значительной степени его навыки, знания и представления в области изучаемой дисциплины, в том числе программирования.

Тестирование академических программных продуктов

Подготовка к лабораторным работам по программированию требует от преподавателя таких видов деятельности, как составление условий задач, объяснение студентам алгоритмов решения задач, проверка правильности работы учебных программ, оценка качества кода АПП. Все перечисленные этапы необходимы для оценки учебной деятельности студента на данном этапе обучения. Но в учебном процессе не менее важной является также оценка учебной деятельности всей группы студентов или же всего потока студентов, которые осваивают некоторый законченный раздел дисциплины.

Кроме того, особенность оценки АПП состоит в наборе критериев, важных на начальном этапе обучения программированию. Поскольку в этот период происходит интенсивное освоение основ алгоритмизации и реализации алгоритмов на языке программирования, наиболее значимыми критериями оценки АПП являются степень совершенства логической структуры алгоритма, а также степень декомпозиции этого алгоритма.

В Ульяновском государственном университете было проведено исследование по определению оценки качества АПП, созданных студентами по курсу программирования [1]. Исследование заключалось в определении оценки уровня качества АПП по критерию совершенства логической структуры кода программы на основе методики М.Холстеда [3]. В частности, было обработано 1504 академических программных продукта.

Исследование показало, что действительно оценка качества зависит от уровня подготовки студента, который создаёт академический программный продукт. Оно также показало, что при изменении методики обучения оценка



качества АПП также меняется. В процессе исследования было проведено, на основе однофакторного двухуровневого дисперсионного анализа, сравнение оценок качества, полученных при традиционном обучении и при внедрении проектно-ориентированного обучения [2]. В результате появилась возможность целенаправленного управления учебным процессом для повышения качества обучения.

К академическим программным продуктам, предназначенным для анализа, предъявляется ряд требований:

- Текст программы, созданный для решения некоторого учебного задания, должен без ошибок компилироваться транслятором.
- Полученный в результате трансляции исполняемый файл после запуска должен выполнять целевое задание полностью, без исключений.
- И ещё целый ряд требований, специфичных для данного языка программирования и используемого компилятора.

Таким образом, если корректность учебной программы с точки зрения синтаксиса обеспечивается автоматически компилятором, то проверка программы на правильность её функционирования и анализ кода на соответствие учебным требованиям требует участия экспертов. В данном случае эту роль выполняют преподаватели.

Однако большие объёмы полученных учебных программ, их высокая сложность, множественность путей реализации не позволяют преподавателю за разумное время качественно проверить все работы.

К факторам проверки относятся большое количество вариантов входных данных, необходимых для проверки работы программы, проверка наличия заданной алгоритмической сложности, проверка соблюдения требований по памяти, и так далее. Всё это связано с запуском решения на больших массивах входных данных, которые проблематично вводить вручную.

Поэтому проверку правильности предоставляемых студентами решений, необходимо проводить автоматически из-за чрезвычайной трудоёмкости ручной проверки.

В настоящее время существует ряд программных средств, позволяющих автоматизировать тестирование программ (например «**Ejudge**» [4]). К сожалению, эти средства ориентированы в первую очередь на проведение олимпиад по программированию. И хотя их можно использовать для проверки лабораторных работ, но это связано с необходимостью изменения методики проведения лабораторных работ под требование правил проведения «соревнований». Эти и ряд других факторов не позволяют полноценно использовать методы олимпиадного программирования в рамках существующего учебного процесса.

Поэтому, в Ульяновском государственном университете создан программный комплекс для проведения контрольных работ по дисциплине программирование, с автоматической проверкой студенческих работ на основе тестового набора данных.



Если составленная студентом учебная программа при выполнении тестового набора данных будет возвращать правильные результаты, то это означает, что студент справился с заданием. А отсюда следует, что он обладает необходимыми навыками и знаниями, чтобы правильно выполнить эту работу. Таким образом, учебная программа, являясь результатом его труда, в интегрированной форме отражает некоторый достигнутый им на данном этапе обучения уровень развития знаний, способностей и навыков, необходимых для выполнения этой работы.

Методика проведения контрольных работ по программированию

Система тестирования навыков представляет собой комплекс организационных, методических мероприятий с соответствующей программной поддержкой. В рамках данной системы группе студентов в компьютерном классе выдается набор заданий, по которым они должны составить программы за определенное время, обычно два академических часа. В конце занятия выполняется запуск на исполнение созданных учебных программ на сгенерированных тестовых наборах. Если полученные результаты совпадают с готовыми ответами по каждому заданию, то данный тест считается выполненным, иначе тест не засчитывается.

При разработке системы тестирования необходимо учесть следующие факторы:

1. При выполнении учебного задания студент не должен иметь возможности получить правильное решение вручную. Это достигается, как правило, либо сравнительно большим количеством операций, необходимых для решения задачи, либо использованием некоторых переменных величин, точное значение которых становится известно только на этапе контроля.
2. Студент выполняет задание по программированию без каких-либо тематических ограничений, т.е. он может использовать для решения задачи весь свой арсенал освоенных ранее средств в области программирования и алгоритмизации, ограниченный только возможностями компилятора данного языка программирования. Основным критерий – правильное решение тестового задания.
3. Проверка результатов выполняется в два этапа. Первый этап, экспресс-анализ, позволяет получить результат тестирования сразу, путем сравнения результатов, второй этап состоит в анализе текста учебной программы преподавателем для окончательного решения о успешности выполнения задания в некоторых спорных случаях.

Заключение

Анализ учебных программ может быть выполнен не только на основе экспертных заключений преподавателей, но и полностью автоматически, с помощью программных средств, определяющих качественные оценки программ. При этом определяются оценки качества учебных программ не только каждого студента, но также, на основании статистических методов анализа, и общий качественный уровень группы или потока студентов, изучающих данный раздел дисциплины. Учитывая, что эти оценки имеют количественное значение, появ-



ляется возможность их сравнения для различных групп, потоков, а также тематических разделов некоторых информационных дисциплин и т.п.

Предлагаемая методика резко сокращает трудовые затраты преподавателя при тестировании.

На основе проведенного анализа может быть выполнена корректировка методик преподавания для повышения качества подготовки специалистов в области информационных специальностей.

Благодарности

Автор выражает благодарность Российскому фонду фундаментальных исследований за финансовую поддержку (проект № 14-07-00665).

Литература

1. Семушин И.В., Цыганова Ю.В., Угаров В.В., Афанасова А.И. Опыт проектно-ориентированного обучения в университетах Ульяновска // Труды международной научно-технической конференции “Перспективные информационные технологии (ПИТ-2014)”, Самара, 30 июня-4 июля 2014 года, Изд-во Самарского научного центра РАН, с. 436-438.

2. Семушин, И.В. Модификация поведения студента и преподавателя инженерных дисциплин (проект FCA+PBL=BM) / И.В. Семушин, В.В. Угаров // Московское научное обозрение. – М., 2013. – 9(37)б. – С. 3-8.

3. Холстед М.Х. Начала науки о программах / Пер. с англ. В.М. Юфы. // Финансы и статистика. – М., 1981. – 128 с., ил.

4. Система ejudge. [Электронный ресурс]. – URL: https://ejudge.ru/wiki/index.php/%D0%A1%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0_ejudge (Дата обращения 12.03.2015).

Л.В. Ушакова, Т.С. Назарова

СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ КУЛЬТУРЫ В ВУЗЕ

(Тольяттинская академия управления)

Основным условием усиления политической и экономической роли России и повышения благосостояния ее населения является обеспечение роста конкурентоспособности страны. В современном мире, идущем по пути глобализации, способность быстро адаптироваться к условиям международной конкуренции становится важнейшим фактором успешного и устойчивого развития.

Главное конкурентное преимущество высокоразвитой страны связано с возможностью развития ее человеческого потенциала, которая во многом определяется состоянием системы образования. Именно в этой сфере находится источник обеспечения устойчивого экономического роста страны в средне- и дол-



госрочной перспективе. Цель политики модернизации образования состоит в обеспечении конкурентоспособности России на мировом уровне.

Формирование национальной системы обеспечения качества образования, вступление в силу нового Закона об образовании, разработка и совершенствование федеральных государственных образовательных стандартов повлекло за собой модернизацию принципов управления образовательной организацией.

Эффективное управление вузом в современных условиях представляет собой сложный процесс, состоящий из комплекса целей и задач, изучения и глубокого анализа достигнутого уровня учебно-воспитательной работы, системы рационального планирования, организации деятельности профессорско-преподавательского коллектива, выбора оптимальных путей для повышения уровня образовательных услуг и эффективный контроль.

Для успешной реализации данных целей и задач в НОУ ВПО «Тольяттинской академии управления» (далее – ТАУ) разработана, внедрена и поддерживается в рабочем состоянии система менеджмента качества (далее – СМК), соответствующая всем требованиям международного стандарта ISO 9001:2008, требованиям ENQA и другим требованиям, относящимся к деятельности образовательного учреждения (Рис.1).

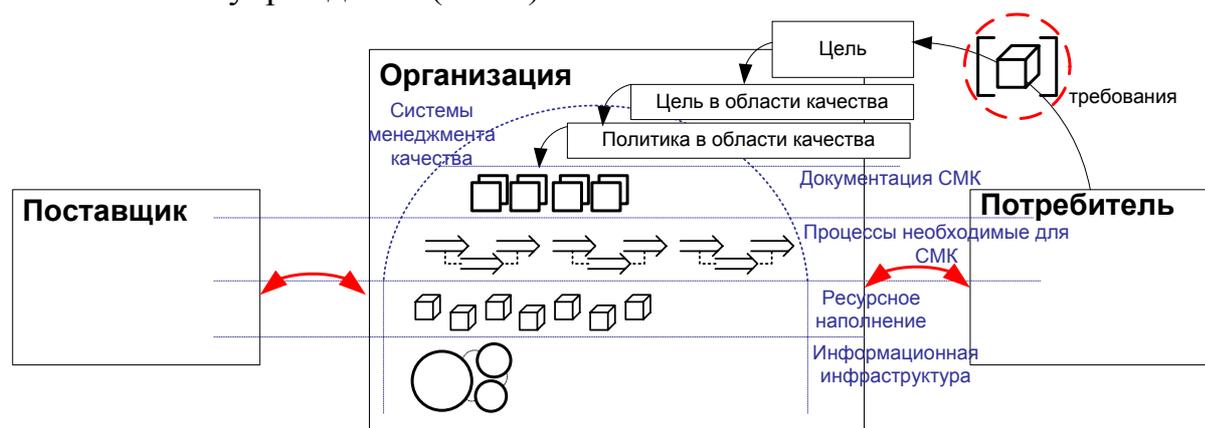


Рис. 1. Принципы функционирования СМК в ТАУ

Внедряемая система менеджмента качества оказывает непосредственное влияние на организационную культуру ТАУ. Рассматривая основные положения СМК и всеобщего менеджмента качества, следует отметить, что акцент философии TQM сделан на работников, как ее главную ценность, интересы которых совпадают с интересами организации в целом, т.е. ключевая задача – помочь людям более продуктивно реализовать себя, получая от этого наибольшее удовлетворение. Соответственно, в этом контексте реализуется принцип СМК «вовлечение работников».

Кадровое обеспечение образовательного процесса ТАУ соответствует ориентации на соблюдение федеральных государственных образовательных стандартов и на организацию практической подготовки, адекватной существующей политико-экономической ситуации в стране и мире. Для обеспечения



практической подготовки к преподавательской деятельности привлекаются действующие специалисты.

В ТАУ применяются инновационные методы управления качеством образовательного процесса. Одним из них является оценка работы преподавателей, как части образовательного процесса. Оценивание работы ППС проходит при помощи наблюдения за работой ППС и анализа результатов анкетирования обучающихся по итогам учебных курсов. В рамках данного анкетирования обучающиеся выражают свое мнение о том, какие впечатления они получили, насколько сложно было освоение нового материала, какие методы обучения были наиболее эффективны и т.д.

Отделом по работе с персоналом начато внедрение Анкет входной оценки новых преподавателей с учетом требований как к общей и так специальной (кафедральной) компетентности кандидата.

При осуществлении работы с персоналом руководство ТАУ обеспечивает организацию обратной связи с сотрудниками для определения уровня текущей удовлетворенности сотрудников. Разработаны анкеты по оценке удовлетворенности ППС работой в ТАУ. Данный процесс рассматривается с точки зрения его эффективности и достижения поставленных руководством ТАУ целей.

Полученная информация служит входными данными для процессов анализа со стороны руководства, проектирования и разработки дальнейшей стратегии управления организацией.

Высокая степень управления изменениями в рамках изменения конъюнктуры рынка, а также соответствия прогнозируемых результатов анализа со стороны руководства и фактической реальности по итогам учебного года и очередного цикла СМК свидетельствует о точности, достоверности и адекватности процесса сбора и анализа данных для стратегических выводов и поддержания политики в области качества (Рис.2)

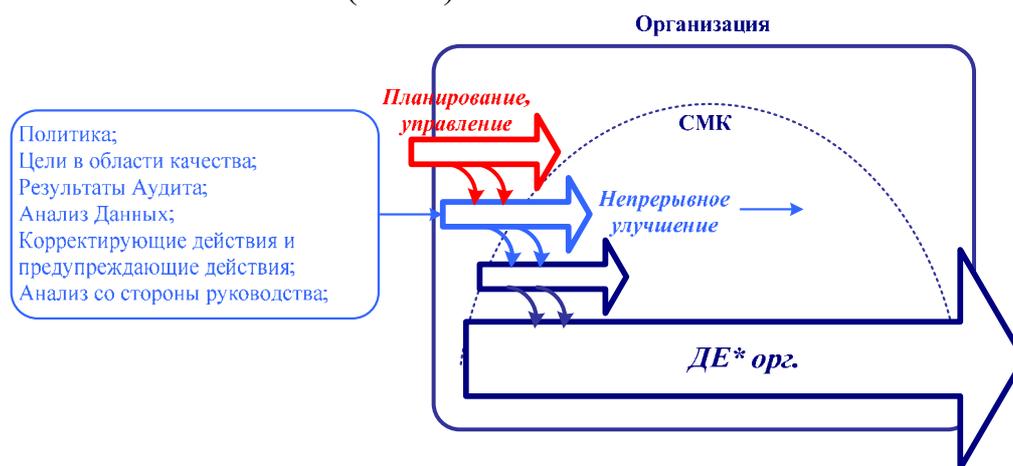


Рис. 2. Принципиальная схема непрерывного улучшения

Стратегическое направление развития, сформулированное руководством ТАУ, ориентировано на потребности и ожидания всех заинтересованных сторон (потребители, партнеры, сотрудники, акционеры, общество).



Гибкость управленческих и «технологических» процессов ТАУ позволяет осуществлять их постоянную «настройку» на удовлетворение требований как сотрудников так и обучающихся.

Эффективность деятельности организации зависит от эффективности деятельности ее сотрудников. Соответственно, руководителю необходимо выстроить такую систему управления сотрудниками, при которой эффективность их работы будет максимизирована. Именно реализация СМК в ТАУ позволяет добиться наибольшей эффективности в процессе управления персоналом.

Литература

1. Инновационное образовательное учреждение: опыт Тольяттинской академии управления / И.В. Богданов [и др.]; под ред. С.Б. Крайчинской. – Тольятти: Тольяттинская академия управления, 2006. – 222с.

2. Отчет по результатам самообследования деятельности НОУ ВПО «Тольяттинская академия управления» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.taom.ru/images/stories/official/samoobsledovanie_2013-2014.pdf

М.В. Фролова, В.А. Корнякова

СИСТЕМА ВНУТРЕННЕЙ КОММУНИКАЦИИ КАК ИНСТРУМЕНТ УДЕРЖАНИЯ СОТРУДНИКОВ В ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ КОМПАНИЯХ

(Тольяттинская академия управления, ООО "ВАЛЕО СЕРВИС")

В течении последних 5 лет наблюдается тенденция повышенного внимания, которое уделяют компании проблеме выстраивания внутренней коммуникации.

Грамотно выстроенная система внутренней коммуникации помогает сотрудникам понимать идеологию, ценности и культуру компании, а также лучше ориентироваться в вопросах, которые касаются трудовой жизни компании и обоснованности принятия тех или иных управленческих решений.

В 2015 году многие компании переживают кризис и часто фокусируют свое внимание на финансовых последствиях экономического спада для бизнеса, восстановление которых ресурсно затратно. В то же время есть долгосрочные последствия кризиса, влияющие на рабочую среду, которым не всегда уделяется должное внимание. Планирование мероприятий и методов выстраивания эффективной внутренней коммуникации дает ряд преимуществ для организаций:

- повышение производительности;
- увеличение вероятности достижения целей компании;
- расширение возможностей для сотрудников;
- лучшее понимание ценностей и целей компании;



- обдуманное принятие решений на всех уровнях;
- снижение количества конфликтов между членами команды;
- более высокая степень удержания сотрудников.

Ответственность за выстраивание внутренней коммуникации, планирование работ по улучшению осведомленности сотрудников о стратегии компании и поддержку бренда работодателя среди сотрудников компании несет менеджер по персоналу.

Ниже представлены инструменты, которые могут быть использованы компаниями для выстраивания внутренней коммуникации.

1. Разделение общих целей и ценностей компании

Менеджеры реализуют политику доверия по отношению к своим подчиненным, разделяя при этом обязательства организации, цели и ценности. Руководство охотно делится информацией, все проблемы и вопросы, которые возникают в ходе работы, решаются непосредственно на рабочем месте, чтобы видеть факты и проблемы «на местах». Руководство должно прислушиваться к команде, принимать во внимание и поощрять инициативу команды в области внедрения предложений по улучшению в соответствии с практикой кайдзен, предоставлять возможность эскалации проблемы до высшего менеджмента на ежедневной основе, демонстрировать открытость и доступность для всех участников команды. Можно выделить четыре основные методики:

- внедрение системы предложений по улучшению, кайдзен;
- проведение ежедневных, ежемесячных совещаний, в целях осведомления о проблемах;
- честное и открытое обсуждение проблем;
- решение проблем непосредственно на местах (gemba).

2. Отсутствие тоталитарного подхода к управлению командами. Низкий уровень бюрократии.

Самодисциплина достигается неофициально через давление, которое коллеги оказывают друг на друга. Надзор и бюрократический подход не допустим, так как это может привести к снижению взаимного доверия среди членов команды.

3. Координация деятельности

Координация взаимного регулирования, с участием передачи новой информации и взаимодействием в рамках иерархической линии. Информация должна эскалироваться согласно строгим и четким правилам. Зона ответственности поделена среди участников группы на единицы, за которой закреплен лидер. Существуют различные уровни и виды совещаний: «бригада»-«отдел»-«бизнес единица»-«штаб квартира». Поток информации выстраивается в строгом соответствии заданной схеме.

4. Работа с неудачами и низкой производительностью

Неудачи и недостатки рассматриваются как повод для обучения. Каждый новый сотрудник перед началом работы должен пройти обучение по введению в должность. Если сотрудник не смог пройти данный тренинг, то он не допус-



кается к самостоятельной работе. Если в ходе работы были обнаружены ошибки и недостатки, то обязательно необходимо провести тренинг по выявленным недостаткам. Ответственность за невыполнение показателей несет вся команда.

5. Управление конфликтами

Если у команды нет одной общей цели, то конфликт происходит на уровне группы, что не допустимо. Цели являются общими для всех, конфликтные ситуации решаются либо путем использования модели «решение проблем», либо методом убеждения.

Хорошо функционирующая система внутренней коммуникации может стать одним из эффективных инструментов удержания сотрудников, способствовать продвижению стратегии, миссии и ценностей компании не только среди сотрудников внутри компании, но и национальном и глобальном уровнях.

Литература

1. Управление персоналом: ассесмент, комплектование, адаптация, развитие: Учеб. пос. / Е.В. Куприянчук, Ю.В. Щербакова. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2012. - 255 с.

2. HR в СТАРТАПе: Практическое пособие / В.В. Музыченко. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 224 с.

3. Imai, Masaaki (1997). Genba kaizen: a commonsense low-cost approach to management. New York: McGraw-Hill Professional

Ю.В. Цыганова, Е.Ф. Прохорова

РАЗРАБОТКА УЧЕБНОГО TOOLBOX'А НА ЯЗЫКЕ MATLAB ДЛЯ МЕТОДИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ КУРСОВ, СВЯЗАННЫХ С ИЗУЧЕНИЕМ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

(Ульяновский государственный университет)

Введение

Среда научных расчетов MATLAB состоит из различных компонентов, в число которых входят многочисленные наборы инструментов, которые называются Toolbox. Например, Optimization Toolbox – это пакет расширения MATLAB, содержащий набор классических алгоритмов для оптимизации стандартных задач и задач большой размерности [1]. Наборы инструментов обычно состоят из функций и графических приложений. Чаще всего пользователи применяют стандартные наборы инструментов, но иногда для решения конкретной задачи удобно пользоваться наборами инструментов других разработчиков или своими собственными.

Для проведения научных расчетов, связанных, например, с решением задач вычислительной математики, может потребоваться разработка собственного Toolbox'а, если стандартных наборов инструментов оказывается недостаточно для получения ожидаемых результатов.



Задача разработки учебного проблемно-ориентированного Toolbox'a заключается в создании части учебно-методического комплекса для поддержки лабораторного практикума по дисциплинам, связанным с изучением современных вычислительных и информационных технологий.

В работе представлена технология создания проблемно-ориентированного учебного Toolbox'a на языке MATLAB с примером реализации в целях методической поддержки лабораторного практикума в рамках учебных курсов по дисциплинам “Численные методы”, “Вычислительная математика” и “Методы вычислений”, читаемых в Ульяновском государственном университете на факультете математики и информационных технологий. Разработанный учебный Toolbox является частью учебно-методического комплекса по указанным дисциплинам, разработанного в рамках проектно-ориентированного подхода к обучению [2, 3].

Знание технологии разработки проблемно-ориентированного Toolbox'a на языке MATLAB позволит студентам активно овладеть навыками разработки программных проектов, связанных с решением сложных вычислительных задач, в рамках проектно-ориентированного обучения.

Открытый код языка MATLAB дает возможность пользователям (студентам) контролировать исполнение алгоритмов, изменять исходный код под свой вариант решения задач при разработке лабораторного проекта, а также создавать свои собственные функции на примере имеющихся в учебном Toolbox'e.

Технология создания проблемно-ориентированного учебного Toolbox'a на языке MATLAB

При описании технологии разработки авторы придерживались общей схемы, описанной в [4].

Шаг 1. Создание набора требуемых функций. В качестве примера рассмотрим функцию для вычисления определителя матрицы A (см. рис. 1), представленной в виде UL-разложения, т. е. в верхней части массива A расположен верхний треугольный фактор U , а в нижней части матрицы A – нижний фактор L , причем $A=U \cdot L$.

```
function [det] = determinant(A, p, znak)
% Функция вычисления определителя матрицы
%
%входные данные
%A - исходная матрица
%n - размер матрицы A
%p - вектор перестановок
%znak - определяет знак
%
%выходные данные
%det - определитель матрицы
%
% see also UL, inversion_1, inversion_2, SLAE
    [n, n]=size(A);
    det=1;
```



```
for i=1:n
    det=det*A(p(i),i);
end
det= det*znak;
end
```

Рис. 1. m-файл с кодом функции determinant

Каждая функция должна иметь справку. Справка – это содержимое строкомментариев, которые находятся сразу после заголовка и продолжаются до первого некомментирия (см. рис. 1). В этом случае пользователь всегда сможет получить справку, набрав в командной строке: `doc ИмяФункции` или `help ИмяФункции`. На рис. 2 показана справка для функции `determinant`.

Шаг 2. Создание набора инструментов. Каждый набор инструментов – это отдельный каталог с функциями, названием которого является название набора инструментов. Назовем наш набор инструментов `MyToolbox`. Все файлы будут располагаться в одноименном каталоге.

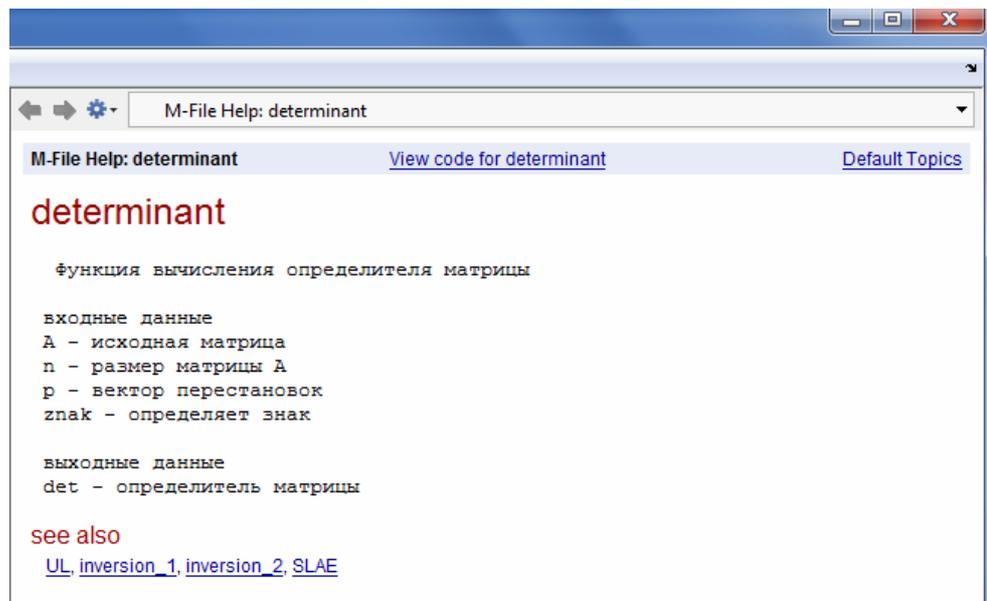


Рис. 2. Справка для функции determinant

Данный каталог должен содержать файл `'Contents.m'`. Этот файл содержит общее описание набора инструментов, а также назначение функций, входящих в него. Если набрать команду: `doc ИмяНабораИнструментов`, `help ИмяНабораИнструментов`, получим описание (см. рис. 3).

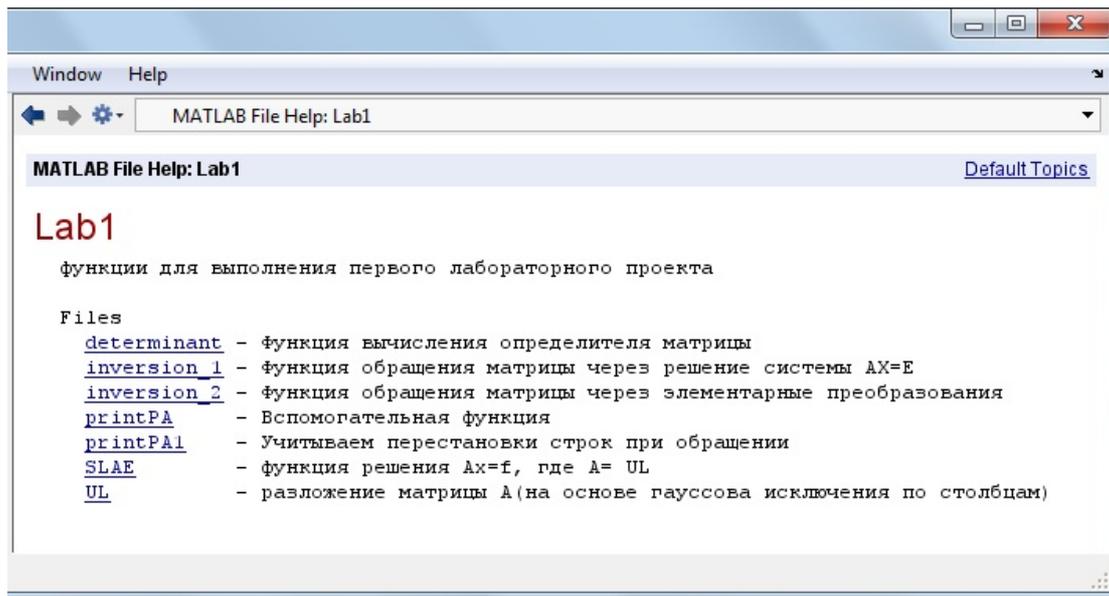


Рис. 3. справка о наборе инструментов

Подробно о создании такой справки можно прочитать в соответствующем разделе документации: Create Help Summary Files (Contents.m) [5]. Также можно автоматически создавать файл 'Contents.m' и редактировать его.

Шаг 3. Установка набора инструментов. Пользователь копирует набор инструментов (папку с файлами) в определенную папку. Не рекомендуется записывать полученный набор в стандартную папку наборов инструментов MATLAB. Пусть это будет 'с:\Work\MyToolbox'. Далее необходимо добавить информацию о наборе инструментов в MATLAB.

Для этого добавляем новый путь поиска файлов (в версиях до R2012b используется меню 'File'>'Set Path...'), либо делаем это через функцию `addpath('с:\Work\MyToolbox')`.

Шаг 4. Использование набора инструментов. Теперь можно использовать функции из набора инструментов, находясь в любой папке, а также запрашивать справку по функциям и самому набору инструментов.

В результате применения описанной технологии разработан учебный проблемно-ориентированный Toolbox на языке MATLAB, содержащий наборы функций для создания демонстрационных вариантов лабораторных проектов по темам "Стандартные алгоритмы LU-разложения", "Разложения Холецкого", "Ортогональные преобразования" [3]. Toolbox содержит функции, реализующие алгоритмы факторизации квадратной матрицы, вычисления определителя, обратной матрицы различными способами, а также сервисные функции для проведения вычислительных экспериментов.

Заключение

В работе представлена технология создания проблемно-ориентированного учебного Toolbox'a на языке MATLAB с примером реализации в целях методической поддержки лабораторного практикума в рамках учебных курсов по дисциплинам вычислительной математики. Результаты ра-



боты могут быть использованы в учебном процессе ВУЗа при обучении студентов современным вычислительным и информационным технологиям.

Благодарности

Первый автор выражает благодарность Российскому фонду фундаментальных исследований за финансовую поддержку (проект № 14-07-00665).

Литература

1. Optimization Toolbox [Электронный ресурс]. – URL: <http://matlab.ru/products/optimization-toolbox> (дата обращения: 18.02.2015).
2. Семушин И.В., Цыганова Ю.В., Угаров В.В., Афанасова А.И. Опыт проектно-ориентированного обучения в университетах Ульяновска // Труды международной научно-технической конференции “Перспективные информационные технологии (ПИТ-2014)”, Самара, 30 июня-4 июля 2014 года, Изд-во Самарского научного центра РАН, с. 436-438.
3. Семушин И.В., Цыганова Ю.В., Афанасова А.И. Вычислительные методы алгебры с использованием МАТЛАБ: учебно-методическое пособие. – Ульяновск: УлГУ, 2014. – 108 с.
4. МАТЛАБ: Как создать свой набор инструментов (toolbox) [Электронный ресурс]. – URL: <http://kaktusenok.blogspot.ru/2012/10/matlab-toolbox.html> (Дата обращения: 10.01.2015).
5. Create Help Summary Files (Contents.m) [Электронный ресурс]. – URL: http://www.mathworks.com/help/matlab/matlab_prog/create-a-help-summary-contents-m.html (Дата обращения: 18.02.2015).

А.Р. Шабалин, В.В. Козлов

СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ЖУРНАЛА УЧЕТА И ОЦЕНКИ ТЕКУЩЕЙ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ

(Самарский государственный архитектурно-строительный университет)

Современные методы организации учебного процесса тесно связаны с информационными технологиями. Интернет ресурсы практически повсеместно используются для контроля успеваемости студента самим студентом, деканатом и аффилированными лицами. Министерство науки и образования РФ для образовательных учреждений общего образования разработало «Методические рекомендации и единые минимальные требования к системам ведения журналов успеваемости учащихся в электронном виде»¹.

После анализа вышеуказанных рекомендаций министерства была разработана концептуальная модель электронного журнала учета и оценки текущей

1. Методические рекомендации и единые минимальные требования к системам ведения журналов успеваемости учащихся в электронном виде (письмо Министерство науки и образования РФ для образовательных учреждений начального и основного общего образования № АП-147/07 от 15.02.2012).



успеваемости студентов. Краеугольным камнем данной модели является непрерывная накопительная система оценки успеваемости студента. Предполагается отхождение от классической пятибалльной системы оценки и системы контрольных точек и переход к системе, в которой преподаватель имеет возможность оценить в любой момент времени любое количество студентов. Для сохранения актуальности отображения успеваемости, предполагается ввести срок действия оценки. Накопительный рейтинг студента, фактически, является процентом времени, в течение которого студент был аттестован. Данная система очень пластична, благодаря чему, преподаватель может варьировать программу, исходя из потенциала группы.

Интерфейс предложенной модели электронного журнала реализуется в табличном виде, где в горизонтальных заголовках расположены названия предметов, а в вертикальных - ФИО студентов. В ячейках таблицы расположены индикаторы текущей успеваемости студента, редактируемые преподавателем. Разработанная модель системы имеет 3 вида индикаторов, различных по цвету. Данная градация создана для удобства оценки студентов преподавателем посредством использования мобильных устройств. Рассмотрим используемые цвета:

1. белый
2. красный
3. зелёный

По умолчанию, индикатор студента - белый. Красный индикатор обозначает общую неуспеваемость. Зелёный индикатор отображает регулярное посещение и хорошее понимание предмета. Если преподаватель не изменил оценку студенту в течение срока действия оценки, то ячейка приобретает более темный оттенок.

Также в разработанной модели электронного журнала будут выводиться различные отчеты, формируемые из оценки преподавателей, наиболее удобные для каждого из пользователей.

Для реализации модели данного журнала необходима полная комплексная автоматизация учебного плана. То есть, мы должны иметь список студентов по группам, которые формирует деканат, и группы, введенные с привязкой к образовательной программе. Самым простым решением, было ведение перечня дисциплин, студентов, и привязка дисциплин к студентам, однако для поставленной задачи использование данного решения не является оптимальным, поскольку планы обучения часто меняются, а ввести план в базу данных и изменить его каждый раз вручную - достаточно трудоемкий процесс. Кроме того дисциплины могут быть переведены на курс выше или ниже. Также необходимо, чтоб студент мог сохранять академическую мобильность, то есть переходить из группы в группу, сохраняя оценки, ранее полученные за дисциплины, идентичные в обоих учебных планах.

Поэтому, для организации базы данных, которая позволит студентам сохранять академическую мобильность введем в базу следующие сущности и таблицы:



Первой сущностью будет являться образовательная программа. Она будет иметь следующие поля:

1. ID предмета (данное поле является полем - счетчиком)
2. Наименование предмета
3. Базовый курс (курс, на котором данный предмет читается)
4. Длительность обучения (поле существует для предотвращения путаницы между программами бакалавры будут иметь код "4", специалисты - код "5", магистранты - код "2")

Второй сущностью является кафедра. Она будет иметь следующие поля:

1. Название кафедры
2. ID Кафедры (данное поле является полем - счетчиком)

Третья сущность имеет название: "Список студенческих групп". Рассмотрим поля данной сущности:

1. ID группы (данное поле является полем - счетчиком)
2. Название группы
3. ID специальности (данное поле является полем - счетчиком)
4. Год создания группы
5. Курс обучения (данное поле необходимо для того, чтобы группы, по окончании обучения, переставали быть "активными". Если значение поля больше величины, указанной в поле "Длительность обучения", поле обнуляется. Удобство данной системы заключается в том, что поставив фильтр: "курс>0", пользователь, имеющий доступ, сможет увидеть список групп, продолжающих обучение. Это необходимо для сохранения накопительной информации, но чтобы при этом данная информация не мешала смотреть актуальные данные, тем самым, усложняя их восприятие.)

Четвертая сущность - Студент. Рассмотрим поля данной сущности:

1. Имя студента
2. ID группы (данное поле является полем - счетчиком)

Последняя сущность - оценка. Данная сущность имеет 5 полей:

1. ID оценки
2. ID кафедры (данное поле необходимо, поскольку одну дисциплину могут читать разные кафедры)
3. Семестр (данное поле необходимо, поскольку предмет может преподаваться один или два семестра в год)
4. ID студента
5. Название дисциплины
6. Оценка (Данное поле будет иметь 2 кода: Первый - "+1", будет означать наличие аттестации у студента, второй - "-1", соответственно, ее отсутствие).
7. Дата

Сами дисциплины хранятся в виде JSON файла, данные для заполнения которого взяты из учебного плана. Каждая дисциплина имеет кафедру, к которой она прикреплена и название. Также имеется поле, обозначающее код семестра "А" или "В", соответственно первому или второму семестру. Также при-



существует поле "Контроль", если оно пустое, значит данной дисциплины нет в этом семестре, если поле не пустое, соответственно оно переносится в журнал.

Следующий, не менее важный вопрос, который встал при создании электронного журнала, это реализация изменения плана, которая не отразится на текущем году обучения. Данный вопрос был решен созданием папки на каждый год обучения, с соответствующим названием: "2014", "2015" по мере наступления лет, соответственно. Также создаются переменные: "Текущий год", "Следующий год". План обучения формируется в следующий год, тогда как оценка студента проставляется в текущий.

Таким образом, предложенная модель электронного журнала учета и оценки текущей успеваемости студентов, является эффективной альтернативой традиционному журналу преподавателя. Она позволяет вести журнал более динамично, обоснованно, рационально и практично, тем самым оптимизируя учебный процесс в целом.

Литература

1. Методические рекомендации и единые минимальные требования к системам ведения журналов успеваемости учащихся в электронном виде (письмо Министерство науки и образования РФ для образовательных учреждений начального и основного общего образования № АП-147/07 от 15.02.2012).

И.М. Шаяхметов, М.М. Минегалиева

РАЗРАБОТКА ОБУЧАЮЩЕГО ТРЕНАЖЕРНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПО МЕТОДАМ ОБРАБОТКИ ПОИСКОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ

(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, Казанский федеральный университет)

Создание обучающих систем на базе электронно-вычислительных машин (ЭВМ) - это один из перспективных способов повышения эффективности процесса обучения [1].

Целью данной работы является разработка обучающего программного обеспечения по методам обработки деревьев.

Объектом управления при обучении является обучаемый. Субъектами управления выступают преподаватель и обучающая система, т.к. она не заменяет, а дополняет преподавателя.

Двоичным деревом поиска (ДДП) называют дерево, все вершины которого упорядочены, каждая вершина имеет не более двух потомков (назовём их левым и правым), и все вершины, кроме корня, имеют родителя. Вершины, не имеющие потомков, называются листьями. ДДП позволяет выполнять следующие основные операции [2]:

- поиск вершины по ключу;
- вставка вершины;



-удаление вершины.

Очевидно, что обучающий процесс дает наиболее эффективный результат, когда процесс не только учит, но и контролирует. Исходя из этого, ПО будет включать в себя 3 основные части:

- теоретическую;
- тренирующую;
- контролирующую.

При изучении алгоритм гораздо легче понять, когда его работа представлена в наглядном графическом виде. Визуальное демонстрирование таких алгоритмов, как добавление, поиск, удаление вершин в поисковых деревьях позволит студентам легче запомнить и понять алгоритмы.

Таблица 1. Алгоритм поиска вершины

| Начиная с корневой вершины для каждого текущего поддерева, выполняем следующие шаги: | | |
|---|--|-------------------|
| Шаги алгоритма | Визуализация | Пример реализации |
| Сравниваем ключ вершины с заданным значением x. | Сравниваемую вершину выделяем серым цветом. | |
| Если заданное значение меньше ключа вершины, переходим к левому потомку, иначе переходим к правому поддереву. | Если переход к левому потомку, то выделяем левое ребро, если к правому потомку, то правое ребро. | |
| Поиск прекращаем при выполнении одного из двух условий: | | |
| Либо если нашли искомым элемент. | Выделяем найденный элемент, синим цветом. | |
| Либо если надо продолжать поиск в пустом поддереве, что является признаком отсутствия искомого элемента. | Показываем отсутствия искомого элемента, нарисовав пустую ячейку, синего цвета. | |

На рис. 1. и 2. представлены интерфейс разрабатываемого ПО и окно предупреждения о выборе неправильного варианта ответа соответственно.

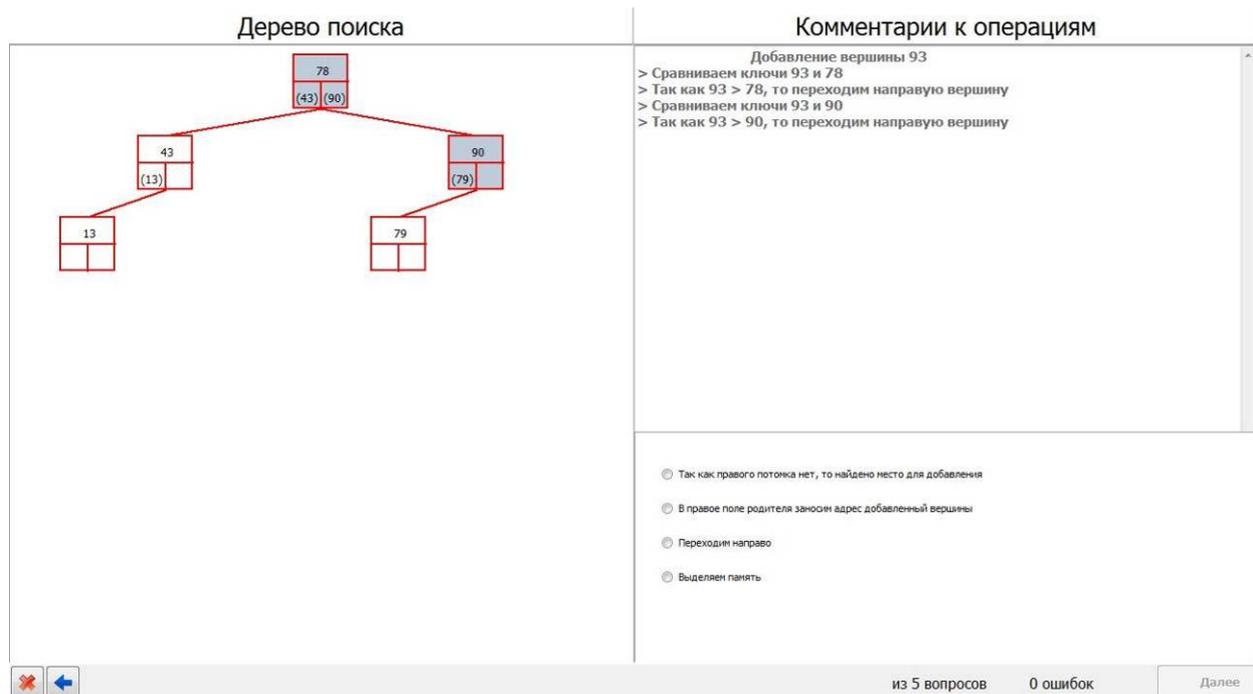


Рис. 1. Интерфейс ПО

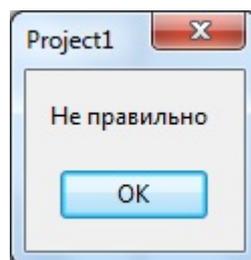


Рис. 2. Предупреждение о выборе неправильного варианта ответа

Таким образом, в данной работе были разработаны алгоритмы для поиска, добавления и удаления вершин. А также эти алгоритмы реализовались в программной среде Delphi 7. Кроме того, в работе было разработано программное обеспечение, позволяющее обучать, тестировать обучаемого по теме «Поисковые деревья». Разработанное ПО является законченным и рабочим приложением. С помощью этого приложения можно обучать и протестировать обучаемых на знание материала по поиску, добавлению и удалению вершин дерева.

Литература

1. Вирт Н. Алгоритмы и структуры данных. Новая версия для Оберона + CD.: Пер. с англ. - М.: Ткачев Ф.В.: ДМК Пресс, 2010. С. 274.
2. Козин А.Н. Структура и алгоритмы обработки данных, 2010. С. 193.



Е.А. Шумская, Л.С. Зеленко

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РАБОТЫ С КОНТЕНТОМ В ДИСТАНЦИОННЫХ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМАХ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Дистанционное обучение через Интернет сегодня востребовано и быстро развивается, так как оно позволяет снизить затраты на проведение обучения, проводить обучение большого количества человек, повысить качество обучения за счет применения современных средств, создать единую образовательную среду. На кафедре программных систем СГАУ активно разрабатываются и внедряются в учебный процесс несколько систем электронного дистанционного обучения (СЭДО):

1) СЭДО кафедры программных систем на базе LCMS Moodle, где размещены учебные курсы для студентов, обучающихся по направлениям «Фундаментальная информатика и информационные технологии» (020302 – бакалавриат и 020402 – магистратура), «Информатика и вычислительная техника» (090301 – бакалавриат и 090.01 – магистратура), «Прикладная математика и информатика» (010302 – бакалавриат и 010402 – магистратура) и по специальности «Информационная безопасность информационных систем (100503).

2) СЭДО «Школа информатики СГАУ» на базе LCMS Moodle, где размещены учебные материалы по информатике и основам программирования, с помощью которых школьники могут самостоятельно осваивать дополнительные разделы данных дисциплин (Школа информатики СГАУ создана в 2009 году и призвана всесторонне подготовить школьников к сдаче ЕГЭ по информатике и дать более глубокие знания по программированию тем школьникам, которые планируют поступать на специальности, связанные с информационными технологиями).

3) Дистанционная обучающая система «3Ducation», построенная на технологии виртуальной реальности и предоставляющая учащимся школы информатики СГАУ возможность в игровой форме осваивать учебные курсы.

Наиболее важной частью любой СЭДО является образовательный контент – учебные курсы, которые включают в себя теоретический материал (лекции), практические и контрольные задания (тесты). Наполнение сайта контентом – достаточно трудоёмкое занятие, так как учебные элементы курсов имеют разнородную структуру и большое количество настроек, которые не всегда возможно сохранить для дальнейшего использования.

До появления систем дистанционного обучения преподаватели кафедры программных систем СГАУ разработали большое количество дидактических материалов, которые были ориентированы на использование бумажных технологий и успешно использовались в учебном процессе, а именно: учебные материалы (лекции и тестовые задания) хранились в виде файлов формата MS Word.



В связи с этим возникла необходимость в автоматизации процесса наполнения контентом имеющихся на кафедре СЭДО: импортировать лекции и тесты в базу данных LCMS Moodle из документов формата .doc (.docx), а затем осуществить импорт учебных курсов в базу данных дистанционной обучающей системы «3Ducation».

Алгоритм синтаксического анализа документа, реализованный в программе для загрузки тестов в БД LCMS Moodle, начинает свою работу с создания объекта документа Microsoft Word и определения количества элементов, которые должны содержать вопросы. Затем происходит анализ каждого элемента документа. По первой букве названия вопроса, определяется тип вопроса, затем проверяется, соответствует ли количество ответов вопроса определенному ранее типу и далее, если правильный ответ для вопроса задан, вопрос добавляется в список вопросов, который в дальнейшем уже можно будет загружать в базу данных.

Чтобы пользователь имел возможность работать с программой, ему необходимо пройти процедуру авторизации: указать адреса сайта, название базы данных (БД), логин и пароль для обеспечения доступа к данным, хранящимся на удаленном сервере. Если авторизация прошла успешно, то открывается окно загрузки вопросов (рис. 1). Пользователь должен выбрать из списка тот курс, к которому относится текущий тест или список вопросов. Список «Курс» содержит доступные для пользователя курсы обучения. Для того чтобы загрузить вопросы в систему, необходимо выбрать заранее подготовленный документ MS Word.

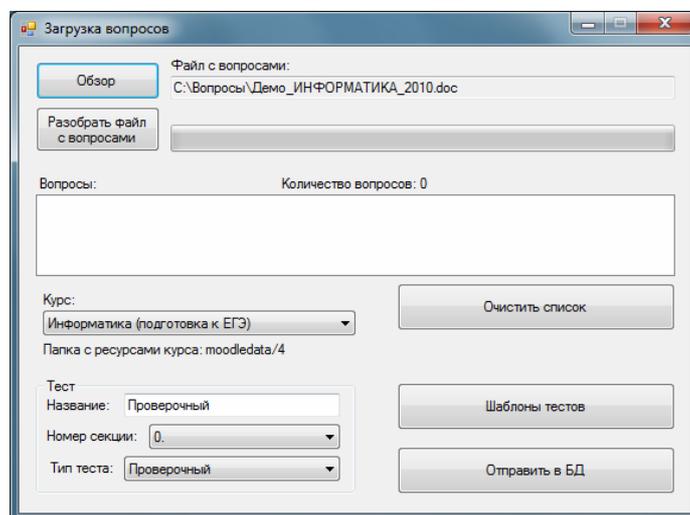


Рис. 1. Интерфейс окна загрузки вопросов

При загрузке данных из файла используется COM-технология, которая позволяет получить доступ к любым объектам документа и их свойствам, преобразовать полученные данные в матрицу объектов, а затем в строго определенную структуру данных.

После выбора и успешной загрузки вопросов, можно переходить к созданию тестов. При создании теста пользователь должен выполнить настройки для



теста – ввести название теста, выбрать курс и номер секции в курсе, а также шаблон настроек теста.

Пользователь может создать собственные шаблоны настроек теста, перейдя на форму «Детальных настроек» (рис. 2), и после ввода необходимых параметров сохранить их для дальнейшего использования.

Рис. 2. Интерфейс окна «Детальные настройки»

Так как дистанционная обучающая система «3Ducation» ориентирована на изучение (только в игровой форме) того же учебного материала, что хранится в БД СЭДО школы информатики СГАУ, то авторами было принято решение – разработать программное обеспечение, позволяющее загружать материалы учебного контента из БД СЭДО школы информатики в БД дистанционной обучающей системы «3Ducation». Для импорта учебных материалов необходимо войти в систему «3Ducation» с правами преподавателя, перейти в редактор курсов, выбрать курс и тему, в которую будет осуществляться импорт, и нажать кнопку «Загрузить из Moodle», находящуюся на панели инструментов (рис. 3).

После этого появится окно, в котором необходимо указать данные для подключения к БД LCMS Moodle (рис. 4), при нажатии на кнопку «Выбрать» или «Загрузить всё» автоматически строится список возможных для добавления учебных материалов (лекций и тестов) (рис. 5). Далее, по нажатию кнопки «Загрузить», отмеченные элементы будут добавлены в выбранную тему.

Разработанный комплекс программ позволяет преподавателю сократить временные затраты на наполнение СЭДО контентом и сосредоточиться на качестве и совершенствовании учебных материалов. Разработка осуществлялась с использованием языка C#4.0 и JavaScript в IDE Visual Studio 2012 с использова-



нием технологии объектно-реляционного отображения Entity Framework и библиотеки для разработки веб-приложений и пользовательских интерфейсов ExtJS.

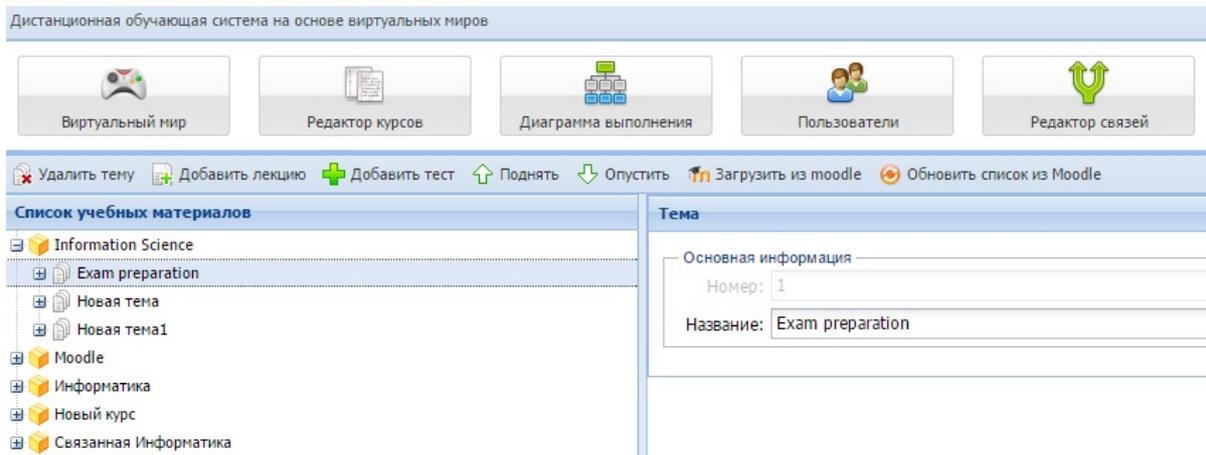


Рис. 3. Интерфейс редактора курсов системы «3Ducation»

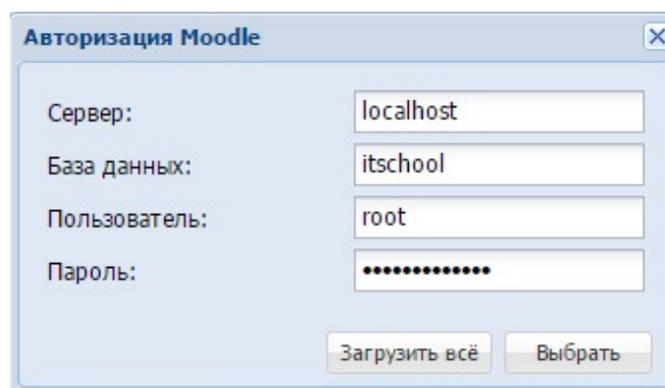


Рис. 4. Окно авторизации в БД LMS Moodle

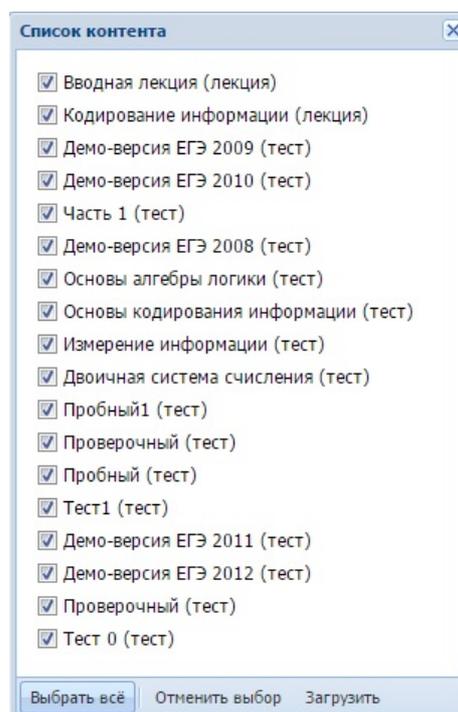


Рис. 5. Список лекций и тестов для добавления в СЭДО «3Ducation»



МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Ю.Н. Антонов

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ МОДЕЛИ ЛАЗЕРНОЙ ПОДГОНКИ

(Ульяновский государственный технический университет)

Обоснование решений по применению лазерной подгонки осуществляется с помощью экспериментов на конкретных установках, что не всегда возможно на практике из-за их высокой стоимости. Поэтому дополнением экспериментов может служить применение математического моделирования.

Разработку же программного обеспечения для системы моделирования лазерной подгонки целесообразно осуществлять на основе объектно - ориентированных технологий с применением инструментов Унифицированный Процесс (RUP, Rational Unified Process) и Унифицированный Язык Моделирования (UML, Unified Modeling Language). RUP предлагает технологию проектирования программного обеспечения систем, а UML позволит реализовать проектные решения.

Так как главным при проектировании программного обеспечения системы моделирования является функциональность, то подход к ее формированию удобнее всего осуществлять на основе диаграммы вариантов использования (Use Case Diagram) автоматизированной установки лазерной подгонки. Каждый вариант использования диаграммы охватывает некоторую функцию автоматизированной системы лазерной подгонки и решает соответствующую дискретную задачу, поставленную перед ней.

Список вариантов определяет функциональные требования к системе автоматизированной лазерной подгонки и, таким образом, диаграмма вариантов использования является исходным представлением для разработки программного обеспечения системы моделирования.

Основными элементами диаграммы вариантов использования автоматизированной системы лазерной подгонки являются действующее лицо (сущность), вариант использования (прецедент) (Рис.1.).

Действующими лицами, которые взаимодействуют с автоматизированной установкой лазерной подгонки и используют её функциональные возможности, являются потребители.

Вариант использования или прецедент (по UML - Use Case) кратко можно определить как последовательность действий, которые действующее лицо совершает с системой лазерной подгонки для достижения результата. Поскольку прецедент представляет только одну из функций программы, то только одного



имени недостаточно для понимания его роли в проекте. Необходимо описать сценарий, согласно которому происходит выполнение прецедента. Пример сценария прецедента процесса подгонки на установках АМЦ 06204 и МЛ5 (рис. 2) [1,2].

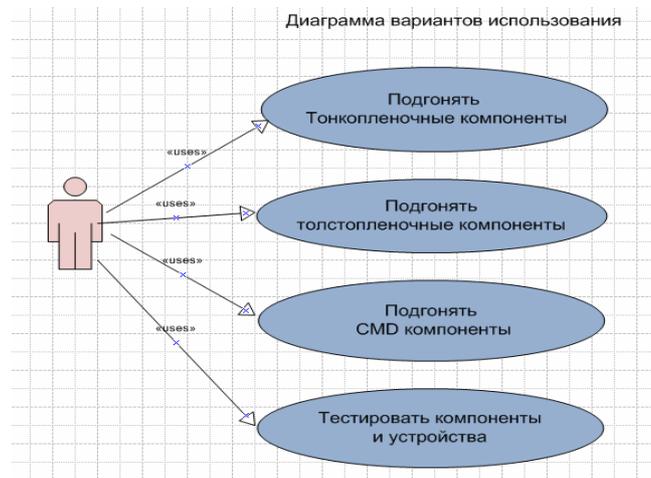


Рис.1. Диаграмма вариантов использования

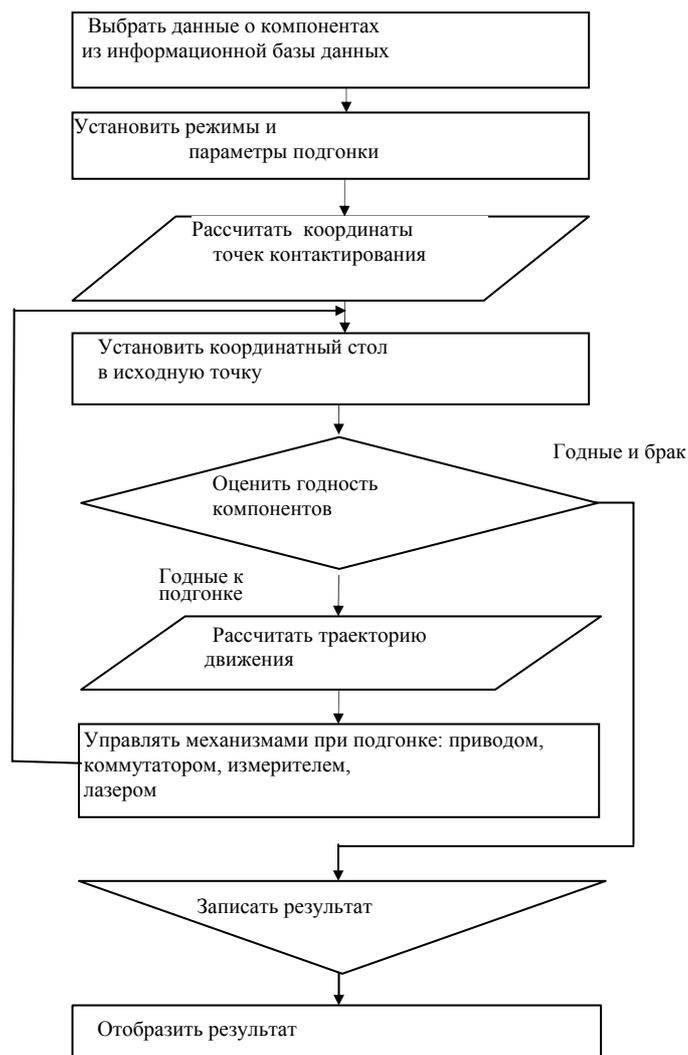


Рис. 2. Сценарий лазерной подгонки



Сценарий кратко описывается в словесной форме как последовательность действий (поток событий), осуществляемых в процессе выполнения и выглядит таким образом: «Выбрать данные о компонентах», «Установить режимы и параметры подгонки» «Установить координатный стол в исходную точку», «Оценить годность компонентов», «Рассчитать траекторию движения», «Управлять механизмами», «Записать результат», «Отобразить результат».

Прецеденты подгонки могут образовывать иерархическую структуру отношений и разбиваются на 3 категории: включение, расширение и обобщение. Графически включение прецедента представлено на рис. 3.

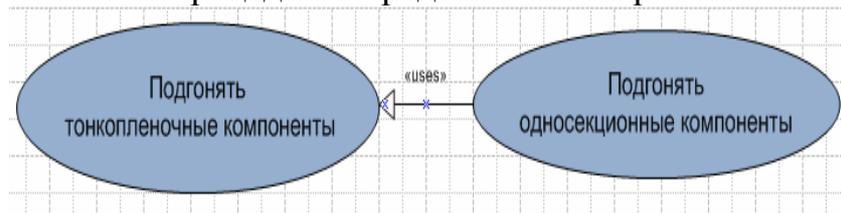


Рис. 3. Отношение включения

При расширении (рис. 4) поток событий дочернего прецедента представляет альтернативный сценарий, который выполняется при определенных условиях.

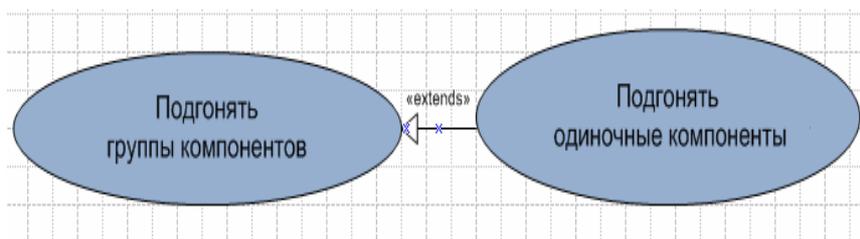


Рис. 4. Отношение расширения

На данной диаграмме прецедент "Подгонять группы компонентов" расширяет прецедент "Подгонять одиночные компоненты".

Отношение обобщения (рис. 5) представляет собой связь между общей сущностью, называемой родителем, и более специализированной разновидностью этой сущности, называемой потомком.

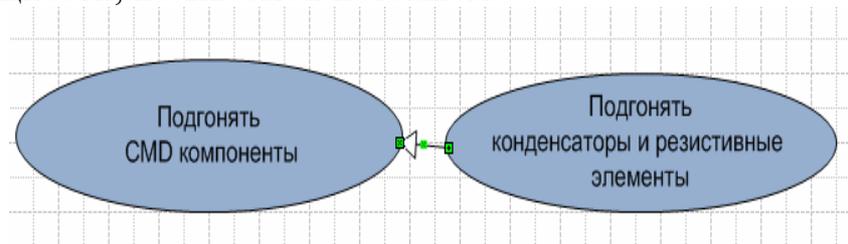


Рис. 5. Отношение обобщения

Определение функциональности на основе диаграммы вариантов использования (Use Case Diagram UML) автоматизированных установок лазерной подгонки, позволит определить требования к программному обеспечению модели-



рования и управлять ими, выделить объекты предметной области и разработать концепцию системы.

Концепция системы моделирования лазерной подгонки

Концепция системы моделирования лазерной подгонки предусматривает интеграцию моделей разных уровней, к которым относятся компонентные модели, модели изменения конфигурации пленочного резистора (модели подгонки), модели оценки качества компонентов.

Класс компонентных моделей реализуется выделением конечного числа схемных компонентов платы гибридной ИС и описанием их функционирования с помощью компонентных уравнений [3].

Модели имитации лазерной подгонки реализуются изменением геометрических моделей конфигурации компонентов с помощью аналитических и численных методов.

Имитация разных лазерных резов и геометрических координат начала обработки позволяет генерировать множество вариантов подгонки (альтернатив) и выбирать из них наиболее предпочтительный вариант. Моделирование функциональной подгонки гибридных ИС реализуется решением системы компонентных уравнений при имитации изменения параметров отдельных компонентов.

Модель качества предусматривает оценку годности одиночных и групповых компонентов при моделировании подгонки.

Заключение

Одной лишь диаграммы вариантов использования недостаточно для создания программного обеспечения системы моделирования лазерной подгонки, но позволит его начать и выполнять в соответствии требованиями Унифицированного Процесса.

Литература

1. Машина лазерная МЛ-1 для подгонки резисторов и SMD – компонентов.

НПЦ Лазеры и аппаратура ТМ. URL: www.laserapr.ru.

2. Антонов, Ю. Н. Программное обеспечение автоматизированной установки лазерной подгонки резисторов / Ю.Н. Антонов, К. И. Вершинин, В.М. Николаев // Приборы и системы управления. М.: Машиностроение, 1991. № 8. С. 17.

3. Антонов, Ю.Н. Применение информационных технологий для повышения эффективности лазерной подгонки пленочных резисторов / Перспективные информационные технологии (ПИТ 2014). Труды МНТК /

под ред. С.А. Прохорова. – Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2015. – 488 с.



А.И. Белоусов

ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТЕРРИТОРИИ (ИСУБЖ) ГОРОДА

(Консорциум «Интегра-С»)

В настоящее время во многих российских регионах созданы и создаются различные информационные системы, касающиеся отдельных аспектов обеспечения безопасности жизнедеятельности, среди которых:

- ЕДДС «Система-112» (МЧС РФ, оперативное реагирование служб на любые ЧС на территории города);
- ГЛОНАСС-112 (Минтранс РФ, создание единой информационно-навигационной платформы Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) регионального уровня);
- ЭРА-ГЛОНАСС (МЧС РФ, создание информационно-навигационной платформы экстренного реагирования);
- Система оповещения населения на основе цифровых технологий (Минсвязи РФ, доступ к государственным услугам в электронном виде);
- Радиационно-метеорологический программный комплекс РЕКАСС (ГК «Росатом», ведение радиационного контроля группировкой распределенных по области датчиков);
- Региональная система дистанционного химического контроля (Ведение химического контроля множеством локально установленных датчиков);
- Региональная система контроля энерго- и теплоснабжения (измерительные средства контроля за энерго- и тепло- объектами);
- Региональная система пожарной и паводковой обстановки (МЧС РФ, космический мониторинг природных образований);
- Элементы системы «Безопасный город» (МВД РФ, видео мониторинг ПДД и ДТП, экстренный вызов полиции).

Зачастую эти системы не связаны между собой (не обмениваются данными и сообщениями), что не позволяет применять их при комплексном подходе к управлению безопасностью жизнедеятельности территории. Кроме того, встречается дублирование хранящихся в системах данных и реализуемых системами функций, что означает избыточные расходы на создание и эксплуатацию систем. В то же время, в регионах идет процесс создания все новых систем, что усугубляет перечисленные проблемы.

Исходя из текущего опыта реализации мероприятий по внедрению и развитию АПК «Безопасный город», отмечаются следующие проблемные вопросы:

- разрабатываемые сегменты комплексов функционально не согласованы и направлены на решение задач различных ведомств федерального и регионального уровня;



- отсутствует системный комплексный подход и общесистемное управление процессом создания комплексов на межведомственном, межмуниципальном и региональном уровнях;
- функции комплексов и проводимые мероприятия дублируются, что приводит к нерациональному использованию бюджетных средств;
- при создании элементов комплексов применяются различные технические решения и несовместимые протоколы обмена информацией, что препятствует информационной интеграции составляющих подсистем;
- отсутствуют единые стандарты изготовления технических средств, затрудняющие их промышленное производство на базе отечественных предприятий;
- разрабатываемые решения в большей степени ориентированы на борьбу с последствиями ЧС, а не на профилактику и раннее обнаружение угроз безопасности.

Для реализации комплексного подхода к обеспечению безопасности жизнедеятельности территории необходимо построение интегрированной системы управления и обеспечения безопасности и жизнедеятельности (ИСУБЖ). С учетом того, что для каждой территории существуют свои угрозы безопасности жизнедеятельности, свой сложившийся информационный ландшафт и другие особенности, концепция ИСУБЖ, общие принципы функционирования ИСУБЖ, интеграционная платформа и технология внедрения ИСУБЖ для территории должны учитывать особенности территории. ИСУБЖ должна:

- Обеспечить единый подход к управлению (модели угроз безопасности, показатели безопасности, модели описания процессов принятия решений, модели описания процессов взаимодействия органов власти, служб и населения, модели данных, модели обмена информацией и т.п.). ИСУБЖ должна обеспечивать единообразные механизмы принятия решений, использовать единые информационные модели, единообразные интерфейсы взаимодействия.
- Стать интеграционной платформой для существующих и создаваемых систем, исключая, таким образом, потерю уже сделанных инвестиций в существующие системы и позволяя объединять все доступные на данной территории информационные сервисы в единую систему.

Цели создания и внедрения ИСУБЖ

Определим следующие цели создания и внедрения ИСУБЖ:

- повышение эффективности и прозрачности управления территорией и обеспечения безопасности жизнедеятельности на ней;
- повышение качества жизни, комфорта проживания населения и конкурентоспособности территории как места обитания за счет комплексного использования информационно-коммуникационных технологий;
- повышение эффективности использования всех видов ресурсов (вода, газ, энергия и т.д.);
- сокращение времени реагирования экстренных служб на чрезвычайные ситуации, повышение эффективности их совместных действий, минимизация ущерба от чрезвычайных ситуаций;



– сокращение государственных и муниципальных расходов на содержание и эксплуатацию информационных систем, снижение совокупной стоимости владения информационно-вычислительными ресурсами.

При проектировании ИСУБЖ должны учитываться различные области управления и аспекты жизнедеятельности территории (области, района, города), развитие которых позволит обеспечить комфортное и безопасное проживание, повысить инвестиционную привлекательность, оптимизировать затраты, повысить доходы бюджета.

Таковыми аспектами в частности должны стать:

- Безопасность.
- Умные здания.
- Умный транспорт.
- Охрана окружающей среды.
- Благоустройство.
- Здравоохранение.
- Образование.
- Коммуникации.
- Безбарьерная среда.

Одной из наиболее востребованных областей обеспечения безопасности жизнедеятельности территории является экстренное реагирование на ЧС. Это связано с тем, что эффект от автоматизации данной области наиболее очевиден (снижение ущерба от ЧС за счет более раннего обнаружения ЧС, сокращение времени на реагирование, улучшение координации экстренных служб и т.п.), а также с тем, что в данной области сделано максимальное количество информационных систем в регионах. Эти факторы создают условия для апробации разрабатываемых подходов к ИСУБЖ на примере подсистемы экстренного реагирования.

Архитектура ИСУБЖ

Архитектура ИСУБЖ должна содержать следующие составные части:

- Базовая часть, реализованная в виде:
 - Системы управления территорией верхнего уровня (уровня руководителя территории), обеспечивающей поддержку функций управления в состоянии повседневной жизнедеятельности и в режиме ЧС. Система верхнего уровня должна обеспечивать визуализацию (в том числе, с использованием GIS-технологий) и представление интегрированных данных о состоянии параметров функционирования территории и безопасности ее жизнедеятельности для поддержки принятия управленческих решений;
 - Интеграционной платформы, реализованную на принципах сервисно-ориентированного подхода, и обеспечивающую интеграцию существующих и вновь разрабатываемых прикладных систем для обмена данными и объединения их функциональных возможностей в единый комплекс;
- Набор прикладных интегрированных систем с соответствующими датчиками и исполнительными устройствами. Выбор необходимых прикладных систем для интеграции в ИСУБЖ должен определяться с учетом приоритетов



решаемых задач (в т.ч. обеспечения безопасности), характерных для конкретной территории. Номинально в состав ИСУБЖ должны входить следующие функциональные подсистемы:

- Подсистемы уровня департаментов (служб), обеспечивающие управление деятельностью департамента, управление бюджетом и формирование отчетности, мониторинг работы соответствующих ДДС, взаимодействие с подсистемами других департаментов в штатном режиме работы в рамках ЧС, визуализацию положения сил и средств с помощью GIS-технологий;

- Подсистемы уровня ДДС, обеспечивающие управление деятельностью ДДС, мониторинг показаний и состояния датчиков, прием и обработку обращений населения, интеграции данных из различных систем, аналитической обработки показаний датчиков и поступающих обращений, взаимодействие с подсистемами других ДДС в штатном режиме работы и в рамках ЧС, визуализацию размещения датчиков, сил и средств с помощью GIS-технологий;

- Подсистемы уровня датчиков и исполнительных устройств, обеспечивающие решение задач мониторинга (непрерывного наблюдения) городской среды – система мониторинга качества воздуха, воды, почв, контроль радиоактивности, видеонаблюдения. К этому же уровню относятся персональные приложения, позволяющие получать первичную информацию от жителей (сервисы различных опросов, сообщения о проблемах и т.д.);

- Подсистема экстренного реагирования, обеспечивающая сбор, обработку и распространение между дежурно-диспетчерскими службами требуемой информации (о факте ЧС и сложившейся обстановке); решение задач по приведению в готовность к возможным действиям органов управления, сил и средств РСЧС; решение задач по выдвигению сил и средств в зону ЧС; принятие оперативных мер по предотвращению ЧС и снижению ее возможных негативных последствий; решение информационных и расчетных задач для оценки обстановки и поддержки принятия управленческих решений, а также передача распоряжений вышестоящих органов привлекаемым к ликвидации ЧС службам.

ИСУБЖ должна обеспечивать возможность реализации функций, как в режиме повседневной жизнедеятельности территории, так и в режиме ЧС.

Сервисы ИСУБЖ

Успешность внедрения ИСУБЖ тесно связана с количеством и качеством предоставляемых информационных сервисов как для органов власти и местного самоуправления, так и для организаций и населения.

Сервисы управления должны помогать органам власти как в оперативно-тактическом управлении муниципалитетом (координация экстренных служб, оперативное реагирование на поступающие сигналы, а так же интеллектуальное их выявление, планирование времени работы государственных организаций, оптимизация транспортных потоков, в том числе движения общественного транспорта и т.д.), так и в стратегическом планировании.

К таким сервисам могут быть отнесены:



- сервис поддержки генерального планирования города, предоставляющий информацию о наличии/отсутствии инженерных систем, запаса их мощности (электроэнергия, водопровод и водоотведение, газификация);
- сервис планирования развития производственных зон и расчёта их ресурсной их обеспеченности, включая трудовые ресурсы;
- сервис динамического управления транспортными потоками, управляющий работой сети светофоров и иных систем регулирования движения в зависимости от текущей загруженности транспортных артерий;
- сервис расчёта загруженности сети общественного транспорта и оптимизации его маршрутов и расписания движения, а так же определения востребованности тех или иных направлений, в том числе сигнализирующий о необходимости создания выделенных полос для движения общественного транспорта в наиболее «узких» транспортных узлах (аналогичные сервисы реализованы в мегаполисах Нью-Йорк и Барселона);
- сервис автоматической фиксации ДТП и иных инцидентов, предоставления помощи при их расследовании и установлении последовательности событий, а так же повышение скорости реагирования служб и их уведомления об инцидентах с помощью систем видеofиксации;
- сервис оптимизации движения государственного транспорта, машин ДПС, скорой помощи, пожарных машин, оказывающий в том числе помощь в диспетчеризации спецтранспорта;
- сервис идентификации физических лиц и предоставления доступа к информации о них по аппаратному или биометрическому ключу. Сервис предоставляет доступ к единой системе хранения обезличенной информации, собираемой в единое целое с использованием закрытого ключа. К примеру, в медицине – в присутствии физического лица врач видит всю его историю посещений всех клиник города. В органах государственной власти - видны все обращения гражданина и различные документы и справки о нем. Это позволит сократить время обращения и обслуживания жителей в любом учреждении.

Одновременно с сервисами управления необходимо развитие персональных сервисов, помогающих жителям в повседневной жизни. Основной целью создания персональных сервисов должно стать упрощение и сокращение личных временных издержек на выполнение рутинных операций, переход на «удаленное» оказание услуг.

Примерами таких сервисов могут являться:

- сервис прокладки маршрутов с учётом загруженности транспортной сети, получающий, в том числе, информацию через слой «открытых динамических данных»;
- сервис прокладки совмещённых маршрутов с учетом автомобильных парковок и их загруженности, фактической и прогнозируемой, расписания движения общественного транспорта и его загрузки, использования вело и авто прокатов, пешеходных зон с функцией оптимизации маршрутов по времени или по стоимости (аналогичный сервис реализован в Нью-Йорке);



- сервис, предлагающий пользователю интересные места, мероприятия с учётом его целевых интересов;
- сервис электронной очереди и записей на приём или посещение как государственных, так и частных учреждений и организаций;
- мобильный сервис быстрого реагирования «Народный контроль», (реализован в Москве: <http://gorod.mos.ru/>), позволяющий уведомить органы власти о неисправностях в городе, ДТП, инцидентах или просто обеспечивающий отправку жалоб и пожеланий. Предлагается реализация сервиса с использованием естественного языка и дальнейшим семантическим анализом для выявления системных актуальных проблем;
- сервис уведомления граждан находящихся в радиусе действия вышек сотовой связи посредством SMS-сообщений о любых критически важных событиях, в том числе об экстренных ситуациях.

Персональные сервисы должны создаваться преимущественно в режиме государственно-частного партнерства, на основе свободных лицензий на использование открытых, в том числе динамических данных.

Основные подходы к созданию ИСУБЖ

При разработке ИСУБЖ должны быть учтены лучшие зарубежные и отечественные практики и решения по вопросам управления и обеспечения безопасности жизнедеятельности. Вместе с тем, необходимо принимать во внимание, что западные решения адаптированы, прежде всего, к западным особенностям правового регулирования взаимоотношений муниципальных органов и исполнительной власти с населением, действующим западным правилам и порядкам в экономических отношениях коммерческих организаций и бюджетной сферы. Кроме того, одной из задач в рамках создания ИСУБЖ является разработка технологии интеграции уже существующих систем безопасности, которые преимущественно отечественные. Приобретение зарубежных технологий, созданных с учетом западных условий, их адаптация для решения обозначенных проблем, в текущей ситуации нецелесообразна, т.к. это приведет к нежелательной зависимости от зарубежных производителей (что недопустимо в вопросах обеспечения безопасности), техническим сложностям интеграции и значительным затратам на внедрение и сопровождение.

Разрабатываемые технологии и системы должны быть построены на основе принципов открытых систем, содержать открытые программные интерфейсы для интеграции с источниками информации и внешними информационными системами (в соответствии с Распоряжением ПРАВИТЕЛЬСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ от 17 декабря 2010 г. № 2299-р, ГОСТ Р 22.1.12-2005 п.5.1).

Для обеспечения возможности подключения в ИСУБЖ как существующих прикладных систем, так и вновь создаваемых, в рамках проектирования ИСУБЖ будут разрабатываться новые методы создания стандартизированной платформы, в которую прикладные системы могут быть подключены по стандартным интерфейсам в качестве отдельных сервисов, обеспечив, таким образом, создание комплексного решения.



Для единой системы управления нужно, чтобы «локальные» системы взаимодействовали между собой. Здесь существует проблема объединения различных информационных систем и сервисов, т.к. каждую с каждой объединять дорого, а, с учетом того, что постоянно будут появляться новые и модернизироваться старые системы, процесс интеграции становится бесконечным по времени и затратам. На текущем этапе развития информационных технологий данный вопрос решается путем построения системы с сервисно-ориентированной архитектурой (SOA – service oriented architecture). Таким образом, актуальной является задача применения SOA-подхода для построения ИСУБЖ, когда применяется стандартизованная платформа, куда могут подключаться различные сервисы, работающие по стандартизованным интерфейсам. Таким образом, возникает возможность подключения и существующих систем, представив их в виде сервисов и обеспечив их работу в единой среде, так и будущих систем, которые изначально должны строиться на принципах SOA.

Ожидаемый результат

Создание и внедрение ИСУБЖ позволит с одновременным развитием информационной среды, интегрирующей существующие и новые технологии, сформировать новый качественный уровень обеспечения комфортности проживания населения, создать условия и предпосылки для качественного изменения моделей управления и обеспечения безопасности, стимулировать развитие отдельных видов бизнеса на территории. Комплексный подход в информатизации работы управляющих органов и обеспечивающих служб должен привести к прямым и косвенным сокращениям их издержек, росту бюджета территории, сокращению издержек предприятий и других хозяйствующих субъектов, работающих на территории. Комплексное развитие новых технологий и создание новых информационных проектов на их базе, позволит добиться максимального эффекта в управлении территорией и обеспечении безопасности жизнедеятельности населения, вывести данные процессы на более высокий технологический уровень.

Точную количественную оценку эффекта от внедрения ИСУБЖ можно сделать лишь на стадии проектирования, однако уже сегодня имеются сведения об эффектах, которые могут быть получены от внедрения комплекса автоматизированных информационных и технологических систем в составе ИСУБЖ.

По полученным оценкам комплексная информатизация процессов управления и обеспечения безопасности жизнедеятельности территории по сравнению с существующими подходами позволит до 2 раз сократить длительность управленческого цикла или до 5 раз - в сравнении с полностью неавтоматизированными процессами управления. Окончательный эффект будет определяться повышением качества жизни населения, снижением возможных негативных социально-экономических и политических последствий неэффективного управления, повышением оперативности и качества управления мероприятиями по управлению территорией, предупреждению и ликвидации чрезвычайных происшествий.



Создание ИСУБЖ позволит объединить в единую информационную сеть все органы муниципальной исполнительной власти. При этом они получают возможность пользоваться услугами качественной связи и широким спектром продуктов и услуг современных информационных технологий, а затраты на реализацию проекта и дальнейшее обслуживание инфраструктуры будут минимизированы за счет привлечения средств частного бизнеса и методов сервисно-ориентированного подхода.

При создании ИСУБЖ будут разработаны новые подходы и технологии:

- модель принятия решений при управлении и обеспечении безопасности жизнедеятельности на основе интегрированной системы показателей;
- технология визуализации и представления интегрированных данных о состоянии параметров функционирования территории и безопасности ее жизнедеятельности;
- технология комплексного мониторинга и анализа видеосигналов, показателей датчиков и данных смежных систем для поддержки принятия управленческих решений и выявления угроз безопасности жизнедеятельности;
- технология интеграции существующих и вновь разрабатываемых прикладных систем для обмена данными и объединения функциональных возможностей в единый комплекс;
- сервисно-ориентированная архитектура решения с применением механизмов государственно-частного партнерства.

Результаты проекта, апробированные в пилотной зоне, могут быть использованы в масштабах всей страны, во всех территориальных образованиях Российской Федерации для создания комплексных информационных систем, обеспечивающих поддержку деятельности органов муниципального управления, исполнительной власти, местного самоуправления, и объединяющих их на основе общей информационно-технологической инфраструктуры региона.

Разработанные технологии и подходы позволят создать принципиально новые информационно-коммуникационные продукты и сервисы, с помощью которых возможно повысить уровень безопасности за счет применения комплексного подхода, повысить энергоэффективность жизнедеятельности, сократить затраты бюджета на интеграцию существующих и вновь разрабатываемых систем, на реализацию проектов и эксплуатацию внедренных комплексов.

Создание подобных сервисов позволит повысить качество жизни людей в регионах, что должно способствовать изменению социально-экономических взаимоотношений в обществе, повышению производительности труда и потреблению, увеличению доходов городских бюджетов.

Литература

1. Денисов В.Ф. Инфраструктура инновационного развития общества и информационно-коммуникационные технологии.// XI междунар. научн. конф. по проблемам развития экономики и общества.- М. Высшая школа экономики, 2011г., кн.3, с.373-382.
2. Прохоров С.А., Федосеев А.А., Денисов В.Ф., Иващенко А.В. Методы



и средства проектирования профилей интегрированных систем обеспечения комплексной безопасности предприятий наукоемкого машиностроения // Самара: Самарский научный центр РАН, 2009 - 199 с.:ил.

3. Куделькин В.А., Денисов В.Ф. Информационно-коммуникационные технологии и интегрированные интеллектуальные системы комплексной безопасности ВУЗам XXI века.//Информационная среда ВУЗа XXI века: материалы IV Международной научн.-практ.конференции (20-24 сентября 2010 г.)- Петрозаводск, 2010. - с. 137-142.

4. Куделькин В.А, Денисов В.Ф. Методы и инструментальные средства мониторинга состояния комплексной безопасности стратегических объектов и территорий.// журнал «Мониторинг. Наука и безопасность.» -М., 2012, №2 (6),с. 16-24.

5. Денисов В.Ф., Чекин В.И. Опыт использования промышленных и государственных образовательных стандартов при разработке базовых профилей информационных систем // сборн. трудов III Всерос. практ. конф. «Стандарты в проектах современных информационных систем» - М.: Фостас, изд-во «Открытые системы», 2003 г.

6. Вольпян Н.С. Европейский опыт реализации политики развития ИКТ-компетенций. Европейская рамка ИКТ-компетенций.- М.: Softline, 2011.- 118с.:илл.

В.В. Волоцуев, А.В. Макарычев

МЕТОД НИСХОДЯЩЕГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ПРИ РАЗРАБОТКЕ КОНСТРУКТИВНО-КОМПОЗИЦИОННОГО ОБЛИКА КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА С ПРИМЕНЕНИЕМ КОНЦЕПЦИИ БЛОЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королёва (национальный исследовательский университет))

При проектировании космического аппарата необходимо рассматривать задачу структурного синтеза, который предполагает, выбор структуры системы. Выстраивая иерархическую структуру системы, выделяются функционально обособленные блоки, используя модульный принцип построения космического аппарата из типовых служебных систем и полезной нагрузки. Такой принцип позволяющий формировать масштабируемую архитектуру и технические характеристики спутника по блочному принципу.

Взаимосвязь между структурными блоками выстраивается таким образом, что бы, сохраняя иерархическую структуру, обеспечить независимость равнозначных модулей, находящихся на одном уровне иерархии и избежать цикличности. Для этого используется метод нисходящего проектирования.

Метод нисходящего проектирования – это проектирование «сверху – вниз» (Top Down Design), когда изделие разрабатывается сначала как концепту-



альная модель, а затем, в процессе проектирования, постепенно развивается в полноценную модель с деталями и подборками. Концептуальная информация об изделии помещается на более высокий уровень, а затем распределяется на более низкие уровни структуры проекта. После изменения концептуальной модели система автоматически изменит компоненты, которые имеют ссылки на эту модель. Разветвленная схема Управляющей структуры дает возможность организовать параллельную работу. Заключительным этапом является создание реальных конструкторских моделей деталей и узлов со ссылками на мастер-геометрию и выпуск комплекта конструкторской документации на изделие. Разработка нового изделия методом нисходящего проектирования позволяет в полной мере обеспечить поддержку следующих сторон реального процесса проектирования:

- предварительная разработка структуры изделия;
- проработка концепции на стадии трехмерного эскизного проекта;
- детальная проработка конструкции изделия на стадии рабочего проекта;
- возможность организации параллельной работы рабочих групп за счет использования в качестве исходной информации общей геометрии, распределяемой через структуру каркасных моделей;
- возможность осуществления контроля над привязками и управления потоком информации в рамках проекта;
- возможность быстрого обновления состояния общей геометрии в рабочих группах при изменении начальных условий проекта;
- возможность исключения циклических ссылок.

Нисходящее проектирование в САПР PTC CREO предусматривает создание многоуровневой управляющей структуры, содержащей всю основную геометрию и базовые параметры проектируемого изделия. В основе управляющей структуры лежат модели мастер-геометрии (skeletons), которые определяют структуру, пространственные требования, состыковку компонентов и другие характеристики, которые можно использовать для определения геометрии компонентов, анализа их перемещений. Данные из мастер-геометрии верхнего уровня передаются на нижестоящий уровень и дополняются уточняющей геометрией, позволяя, таким образом, сформировать концептуальную схему проектируемого изделия (рис. 1).

Использование каркасных моделей в нескольких сборках позволяет распространить критерии проектирования ассоциативно по всей структуре изделия. Затем, привязываясь к каркасу и параметрам компоновки, создаются окончательные модели узлов и деталей, а также чертежи.

В результате при изменении параметров компоновки директивно изменяются все связанные параметры в каркасе и через него – во всех компонентах конструкции. Причем скорость пересчета моделей значительно выше, чем при обычном моделировании. Способ моделирования «сверху вниз» является оптимальным механизмом для управления итерациями проекта верхнего уровня и распределения заданий между исполнителями проекта.



На этапе формирования Главного проектного облика изделия возникают трудности. Современные ЭВМ не всегда способны работать с большими сборками (включающими в себя огромное количество элементов), такими, как изделия РКТ. Для оптимальной работы на этом этапе проектирования, можно использовать упрощенное представление компонентов сборки.

Смысловая сторона упрощенного представления состоит в следующем: на каждом уровне проектирования мы полагаем, что каждая сформулированная обособленная подсистема реализуема, и, не интересуясь деталями этой реализации, рассматриваем ее как единый обобщенный модуль, называемый *абстракцией*. Иначе говоря, абстракция – модуль (подсборка), рассматриваемая как «черный ящик». По форме это некоторая модель функционального блока, включающая в себя параметры, обеспечивающие внешние взаимосвязи модуля, а ее внутренняя компоновка упрощена, что позволяет облегчить главную сборку.

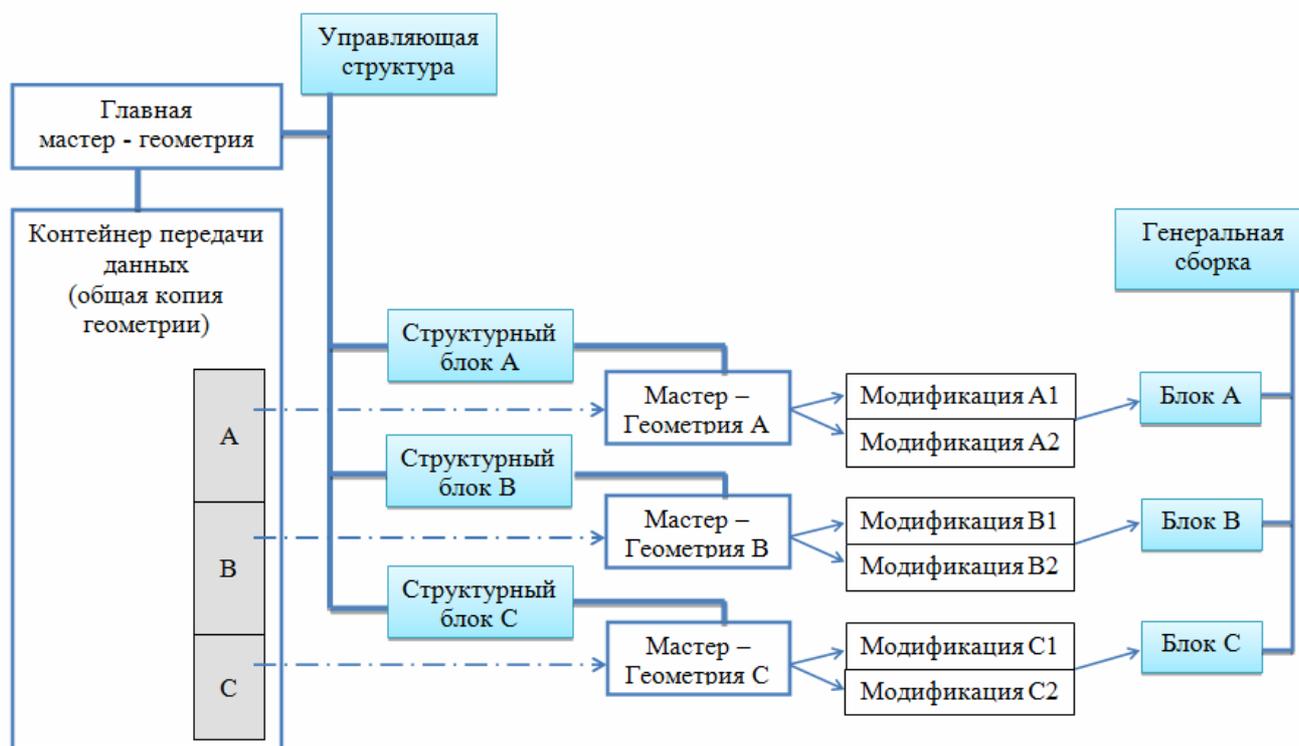


Рис. 1. Схема проекта

Метод нисходящего проектирования на ранних этапах позволяет за счет использования автоматизированных средств в короткие сроки сформировать множество альтернативных проектных обликов малого космического аппарата наблюдения в зависимости от поставленной целевой задачи.

Разработка КА производится на основе модульных технологий и метода нисходящего проектирования, предусматривающих формирование базовой управляющей структуры разрабатываемого объекта и набора структурных блоков и блоков-модификаций. Блоки-модификации используются для реализации различных целевых функций малого КА и могут выполнять различные частные задачи, поставленные перед служебными системами.

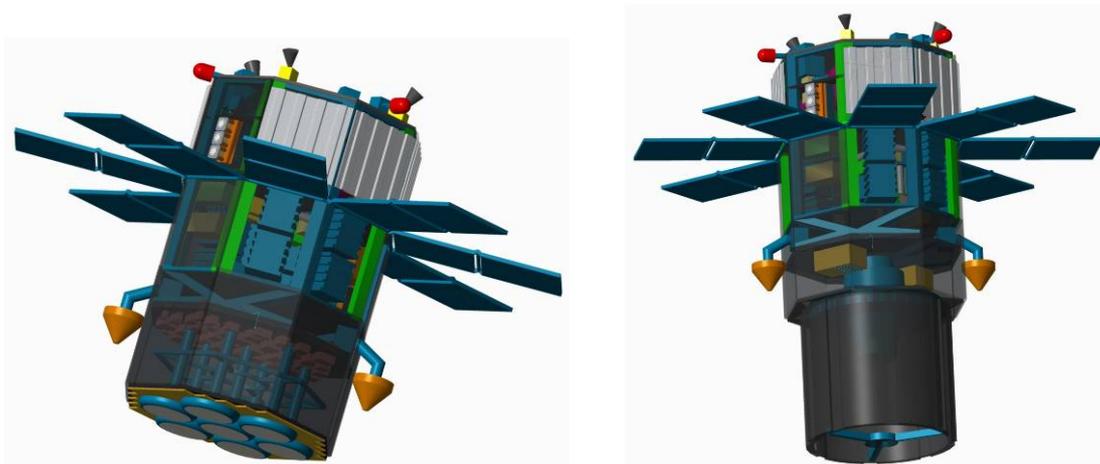


Рис. 2. Облики КА с различной целевой аппаратурой наблюдения в РТС СРЕО

В.Ф. Денисов

АРХИТЕКТУРА И ТЕХНОЛОГИИ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ (ПОЛИЦЕНТРИЧЕСКОЙ) СЕТИ СИТУАЦИОННЫХ ЦЕНТРОВ

(Консорциум «Интегра-С», АНО «Группа ИТ-стандарт»)

Интегрированные интеллектуальные системы мониторинга и обеспечения безопасности предприятий (ИИСМиБП) разрабатываются на ряде объектов транспорта, энергетики, промышленности, коммунальных служб, экология, общественная безопасность и др.). Такие системы:

1. **базируются** на применении информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) общего назначения и специализированных средств защиты объектов, процессов и ресурсов предприятий;
2. **выполняют функции** сбора и упорядочения данных о состоянии целостности и безопасности стационарных и движущихся объектов;
3. **обеспечивают** идентификацию событий, анализ реального состояния объектов, подготовку решений и рекомендаций по управлению объектами в аварийных и критических ситуациях;
4. **решают задачи** планирования и распределения ресурсов, необходимых для поддержания целостности, защиты объектов от разного рода негативных воздействий;
5. **осуществляют координацию** мероприятий по восстановлению целостности объектов и ликвидации последствий аварийных и критических ситуаций;
6. **поддерживают эксплуатацию** и техническое обслуживание средств ИКТ и оперативного взаимодействия объектов со службами безопасности регионов (МВД, МЧС и др.).

Анализ состояния разработок ИИСМиБП [1-3] показывает актуальность решения задач создания в России полицентрической сети ситуационных и ин-



формационно-аналитических центров (РСИАЦ), работающих по единым стандартам на функциональную архитектуру систем, компоненты ИКТ, интерфейсы и протоколы обмена данными, регламентам взаимодействия служб по ликвидации аварийных и критических ситуаций на разных уровнях управления.

В состав полицентрической сети РСИАЦ входят региональные, муниципальные и отраслевые ситуационные и информационно-аналитические центры, которые обладают определенными компетенциями и ресурсами, реализуют основные функции ИИСМиБП в заданной сфере деятельности, взаимодействуют с органами государственной власти и местного самоуправления, владельцами знаний и технологий, учебными центрами, общественными профессиональными организациями, финансовыми институтами и др.).

Основные проблемы создания функционально-полных РСИАЦ связаны с исходной неопределенностью состояния объектов, вероятностно-статистическими характеристиками процессов, а также мотивами владельцев объектов, разработчиков систем, провайдеров сетей и других участников проектов, несогласованностью организационно-правовой базы и ведомственная разобщенность проектов.

Следует отметить, что разработка РСИАЦ сдерживается практическим отсутствием конструктивных 3-Д моделей зданий и сооружений, неполнотой, несогласованностью и не своевременной актуализацией геопространственных данных в организациях инфраструктуры регионального развития и ситуационных центрах, осуществляющих мониторинг состояния закрепленных за ними объектов.

Функциональные компоненты РСИАЦ обычно реализуются на разных программно-аппаратных технологических платформах. При этом, естественно, возникает проблема обеспечения их взаимодействия - «проблема интероперабельности» [2]. Эта проблема должна решаться с использованием региональных и отраслевых профилей РСИАЦ [1], учитывающих особенности объектов (структуры, технологии, математические модели процессов, характеристики потенциальных угроз целостности и безопасности объектов, состояние «наследуемых» ИКТ, средств инженерно-технической защиты объектов и территорий, рисков в деятельности предприятий).

Особая роль при разработке РСИАЦ отводится вопросам унификации и стандартизации системной архитектуры, унификации компонент, интерфейсов и протоколов обмена данными, обеспечения организационной, семантической и технической интероперабельности, совместимости оборудования и программных средств от различных производителей.

Средства РСИАЦ должны **обеспечивать** саморегулируемые информационные обмены между узлами, **содержать** унифицированные процедуры формирования и актуализации геопространственных данных о состоянии объектов, концептуальные модели, средства аналитической обработки данных и принятия решений по восстановлению целостности объектов **предоставлять** инструменты интеграции и согласования необходимых ресурсов управления объектами.



Технологии проектирования РСИАЦ определяются в соответствии с основными положениями ГОСТ Р/ИСО12207-2006 «Системная инженерия. Стадии жизненного цикла систем» и предусматривают выполнение следующих основных работ:

- обследование объектов, разработка концептуальных, математических и информационных моделей деятельности по закрепленным сферам ответственности ситуационного центра;
- разработка соглашений о взаимодействии узлов РСИАЦ;
- выбор архитектуры и прикладных средств обработки данных;
- проектирование (приобретение) оборудования и программных средств;
- тестирование компонент на совместимость, комплексирование, организация системных испытаний;
- подготовка объектов к внедрению, разработка моделей технического обслуживания.

В состав типовых проектов оснащения ситуационных центров включаются:

- системы связи и защищенных коммуникаций с удаленными объектами мониторинга;
- средства идентификации пользователей, определения их прав, полномочий и защиты информационных ресурсов в, т.ч., с применением средств «электронной подписи»;
- системы отображения данных о состоянии объектов с применением динамических трехмерных 3D-моделей зданий и сооружений с привязкой к географическим координатам местности;
- системы хранения данных (включая тексты, коды, аудио, видео и др.) и
- информационно-поисковые системы по запросам пользователей;
- системы моделирования, оценки ситуаций и принятия решений, оценки необходимых ресурсов для восстановления целостности объектов;
- системы адресного оповещения служб безопасности и восстановления целостности объектов в аварийных и критических ситуациях.

Пример функциональной архитектуры типового ситуационного центра как узла РИАСЦ приведен на рис. 1.

Учитывая инфраструктурный характер РСИАЦ особое внимание необходимо уделять механизмам самоорганизации и координации работ заказчиков, исполнителей, поставщиков компонент, консолидированной разработке проектов и организационно-технических мероприятий по их реализации, в т.ч., основанных на развитии сервис-ориентированной архитектуры и услуг ситуационных центров.

Разработка организационно-правового и нормативно-методического обеспечения РСИАЦ, методических и инструментальных средств РСИАЦ [5] направлена на снятие неопределенности в деятельности предприятий минимизацию



совокупных затрат на создание и эксплуатацию средств РСИАЦ и, главное, на минимизацию ущербов в деятельности стратегических объектов инфраструктуры региона и предприятий (энергетика, транспорт, строительство, оборона и др.) и социальных значимых объектов в регионах (коммунальное хозяйство здравоохранение, общественная безопасность, экология и др.).

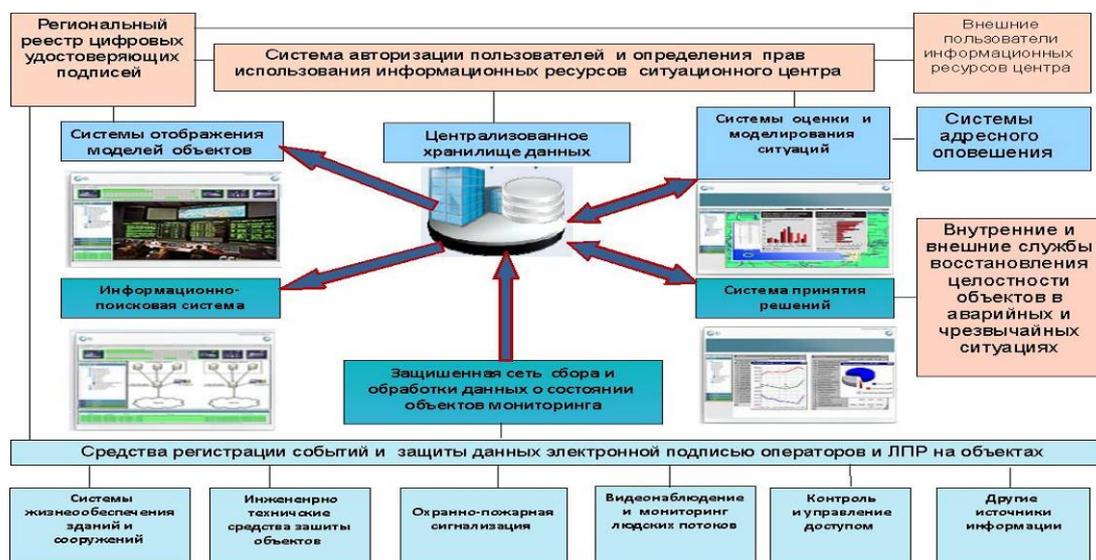


Рис.1. Функциональная архитектура типового ситуационного центра

Актуальными являются вопросы применения в узлах РСИАЦ унифицированных программно-аппаратных технологических платформ и прикладных систем ИИСМиБП под управлением открытых операционных систем с открытыми кодами, открытых спецификаций требований к комплексам прикладных задач на рабочих местах операторов и аналитиков служб безопасности, мобильным приложениям удаленных пользователей - потребителей информационных ресурсов РСИАЦ.

Ситуационные центры могут создаваться на разных уровнях управления объектами региона и быть ориентированы на решение прикладных задач в сферах своей деятельности. Однако важно обеспечить их межведомственное взаимодействие со смежными центрами РСИАЦ и органами принятия решений.

Реализация проектов РИАСЦ требует особого внимания к решению задач гармонизации ИТ-стандартов и стандартов в прикладных сферах деятельности предприятий, таких как строительство, системы охранной сигнализации и антикриминальной защиты, технологии производства продукции, транспортных систем, энергетики, охраны окружающей среды и др., а также со стандартами в сфере регионального развития, консолидированного ресурсообеспечения и управления проектами.

Разрабатываемые типовые проектные решения РСИАЦ позволяют существенно сократить сроки проектирования, обеспечить снижение совокупной стоимости владения средствами ИИСМиБП на объектах, затрат на эксплуатацию, техническое обслуживание и сопровождение.



Литература

1. Прохоров С.А., Федосеев А.А., Денисов В.Ф., Иващенко А.В. Методы и средства проектирования профилей интегрированных систем обеспечения комплексной безопасности предприятий наукоемкого машиностроения. // Самара, СНЦ РАН, 2009- 199с., илл.
2. ГОСТ Р 55062-2012 «Системы промышленной автоматизации и их интеграция. Интероперабельность . Основные положения.
3. Куделькин В.А., Денисов В.Ф. Модели и инструментальные средства мониторинга состояния комплексной безопасности стратегических объектов и территорий.// журнал «Мониторинг. Наука и безопасность.» -М., 2012, №2 (6), с. 16-24.
4. Куделькин В.А., Денисов В.Ф. Архитектура интегрированных распределенных систем мониторинга и обеспечения безопасности организационно-технических систем и территорий.// Мониторинг.Наука и безопасность», 2013, №4 (12), с. 64-79.
5. Куделькин В.А., Денисов В.Ф. Организационно-методическое обеспечение и стандартизация интегрированных систем мониторинга и обеспечения безопасности стратегических и социально значимых объектов и территорий государства// Журн. Интеграл, № 1 (74), 2014 г, с.50-52.
6. ISO/IEC DIS 18384-3 Distributed Application Platforms and Services (DAPS)-Reference Architecture for Service Oriented Architecture(SOA). Part 3:Service Oriented Architecture Ontology (draft international standard)

И.В. Дидрих

О НАДЕЖНОСТИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЫ ПРЕДПРИЯТИЯ

(Тамбовский государственный технический университет)

Современные экономические системы (например, промышленные предприятия) функционируют в условиях высокой конкуренции. Поэтому создание информационной инфраструктуры и внедрение информационных систем становится для предприятия важной стратегической задачей. Проблемы оценки надежности информационных сред является актуальной задачей. Использование методов теории надежности технических средств, для решения проблем обеспечения надежности информационных сред при определенных условиях может являться довольно результативным инструментом. На рис.1 приведена модель программной компоненты информационной системы (ПКИС).

При наличии ошибки определенное подмножество пространства входов отображается в пространство выходов неверно. При применении метода, позволяющего для всего набора входных данных поэлементно проверить каждую из программных компонент информационной среды, можно выявить все присутствующие системе ошибки и полностью исключить их из полученного решения. Напротив, аппаратные компоненты систем могут выходить из строя даже после



проведения самых тщательных испытаний. Исходя из того, что для элементов пространства входов характерна неопределенность, можно считать, что процесс возникновения ошибок является случайным процессом [1].

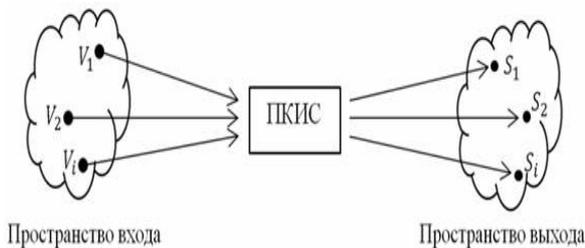


Рис. 1. Модель программной компоненты информационной системы (ПКИС)

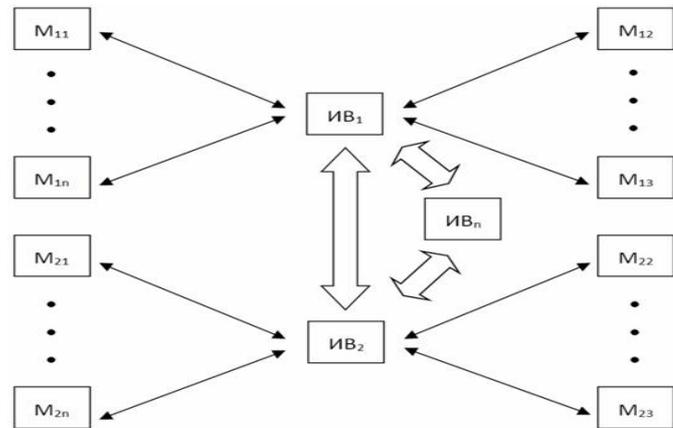


Рис. 2. Модель распределенной модульной структуры

Опытное определение реальной надежности функционирования информационных сред – весьма трудоемкая и трудно автоматизируемая задача, так как для случайного набора входных значений невозможно точно определить реакцию системы. Однако в рамках изолированного подмножества не возникает определенных сложностей при определении реакции системы. Это возможно в том случае, когда известны, во-первых, определенные свойства блока элемента программной компоненты информационной системы, во-вторых, вся составляющая набора входных значений.

Современную информационную среду промышленного предприятия можно представить в виде модели, характеризующей процесс представления распределенной модульной структуры (рис. 2). В этой модели в качестве модуля может выступать как аппаратно-программная часть системы, так и программная компонента. Показанную на рис. 2 модель распределенной модульной структуры можно представить в виде простых узлов, соединенных параллельно-последовательным способом. Подобная модульная структура дает представление о связи между надежностью системы и надежностью ее элементов. Для оценки надежности полученной системы применим основные методы теории надежности. При последовательном расчете, начиная с элементарных узлов и заканчивая составными узлами системы, полученная система может быть сведена к эквивалентной системе, состоящей из параллельно соединенных узлов.

Рассмотрим информационную среду, сведенную к трем параллельно соединенным компонентам a , b и c . Отказ всей системы, произойдет после выхода из строя всех элементов. Условие работоспособности системы (F_n) можно записать в виде логической функции алгебры логики, в которой a , b и c – события, показывающие работоспособное состояние соответствующих элементов:

$$(1)$$



Для оценки работоспособных состояний системы воспользуемся понятием *кратчайший путь успешного функционирования*. Этот путь представляет собой такую конъюнкцию элементов, ни один из компонентов которой нельзя исключить, не нарушив условия функционирования системы. Используя это понятие, условия работоспособности системы можно записать в виде дизъюнкции всех кратчайших путей успешного функционирования (ДНФ), а также перейти к вероятностной функции, с помощью которой определяются характеристики надежности. Для перехода к вероятностной функции от ДНФ преобразуем выражение F_n к неповторной форме функции алгебры логики (БФАЛ):

$$F_n = a(1 \cup b \cup bc) \cup b(1 \cup c \cup ac) \cup c(1 \cup a \cup ab) = a \cup b \cup c, \quad (2)$$

Представив эту функцию в виде:

$$F_a = a + b + c - (ab + ac + bc) + abc, \quad (3)$$

можно заменить события их вероятностями:

$$P_c = P_a + P_b + P_c - (P_a P_b + P_a P_c + P_b P_c) + P_a P_b P_c. \quad (4)$$

Таким образом, время бесперебойной работы системы, состоящей из N параллельно соединенных элементов, будет равна:

$$T_1(\text{ср})_{1c} = \int_0^{\infty} P_{1c}(t) dt = \int_0^{\infty} [(P_{11} + P_{12} + \dots + P_{1n}) - (P_{11} P_{12} + P_{11} P_{13} + \dots + P_{11} P_{12} P_{13} + P_{11} P_{12} P_{14} + \dots) + P_{11} P_{12} \dots P_{1n}] dt \quad (5)$$

Интенсивность отказов системы можно определить из соотношения:

$$\lambda_c(t) = \frac{1}{1 - (1 - e^{-\lambda_0 t})^N} \frac{d \left([1 - e^{-\lambda_0 t}]^N \right)}{dt} = \frac{N \lambda_0 (1 - e^{-\lambda_0 t})^{N-1}}{1 - (1 - e^{-\lambda_0 t})^N} e^{-\lambda_0 t}. \quad (6)$$

Причиной отказов могут быть различные ошибки, включая ошибки: в работе ЭВМ и периферийного оборудования; в межмодульных соединениях; возникающие по вине человека; возникающие вследствие воздействия факторов окружающей среды, в том числе ошибки, возникающие вследствие отклонения характеристик источников питания.

Перечисленные виды ошибок можно исключить путем применения различных способов резервирования аппаратной части системы. В качестве этих способов может использоваться статическое, динамическое или гибридное резервирование [2].

Вероятность безотказной работы нерезервированной системы в течение времени T равна

$$R = e^{-\lambda T}, \quad (7)$$

где λ – интенсивность отказа системы, T – наработка на отказ.

Для повышения надежности аппаратно-программной части информационной среды промышленного предприятия можно использовать метод построения модульной системы с резервированием. Например, аналогичная система с



тройным резервированием состоит из трех одинаковых элементов, реализующих одну логическую переменную, значение которой определяется с помощью мажоритарной схемы. Тогда вероятность безотказной работы модульной системы с тройным резервированием определяется из соотношения следующего вида:

$$R = R^3 + 3(1 - R)R^2 = R^2(3 - 2R) \quad (8)$$

В случае несовершенной мажоритарной схемы вероятность будет равна

$$R = R^2(3 - 2R)R_M, \quad (9)$$

где R – вероятность безотказной работы каждого элемента, R_M – вероятность безотказной работы мажоритарной схемы.

Разнообразные классы систем могут быть взаимосвязаны благодаря присутствию в них основного звена – человека. Однако человек является дополнительным источником ошибок. Так, например, частота отказов в технической системе по вине человека колеблется от 20 до 80 %.

Показатель надежности всей системы можно определить из соотношения следующего вида:

$$P_S(t) = P_{\text{ч}}(t)P_{\text{м}}(t), \quad (10)$$

где P_S – показатель надежности всей системы, $P_{\text{ч}}$ – показатель надежности человека, $P_{\text{м}}$ – показатель надежности аппаратно-программной компоненты.

Ошибку, зависящую от человеческого фактора, можно определить как невыполнение поставленной задачи (или выполнение запрещенного действия). Невыполнение этой задачи или, наоборот, выполнение запрещенного действия могут явиться причиной повреждения оборудования либо нарушения нормального хода запланированной работы аппаратно-программной компоненты системы. Для предотвращения возникновения ошибок определим функцию надежности работы человека в непрерывной временной области. Совместная вероятность безошибочной работы может быть выражена моделью следующего вида:

$$P\left(\frac{E_2}{E_1}\right)P(E_1) = P(E_1) \cdot P\left(\frac{E_2}{E_1}\right)P(E_1), \quad (11)$$

где $P\left(\frac{E_2}{E_1}\right) = e(t)\delta t$, $e(t)$ – частота появления ошибок по вине человека в момент времени t , $\overline{E_2}$ – событие, заключающееся в появлении ошибки человека в интервале времени $[t, t + \delta t]$.

Данное выражение можно переписать в виде:

$$R_h(t) - R_h(t)P\left(\frac{E_2}{E_1}\right) = R_h(t + \delta t), \quad (12)$$

где $R_h(t)$ – вероятность безошибочной работы человека.

В предельном случае имеем, что:

$$\frac{dR_h(t)}{dt} = -e(t)R_h(t) \quad (13)$$



Решение данного дифференциального уравнения при начальных условиях

$$\int_0^t e(t) dt = \int_1^{R_h(t)} \frac{1}{R_h(t)} dR_h(t) \quad (14)$$

имеет вид

$$R_h(t) = e^{\int_0^t e(t) dt}. \quad (15)$$

Полученное выражение (15) для определения вероятности безошибочной работы человека может быть использовано в качестве основы для формирования механизма предупреждения возникновения ошибок работы человека в непрерывной временной области.

Таким образом, предлагаемый подход для оценки и повышения надежности информационных сред промышленного предприятия, в основе которого лежат методы теории надежности технических средств и устройств, позволяет повысить надежность и эффективность проектирования сложных информационных систем, учитывая наличие человеческого фактора как источника основных отказов.

Литература

1. Черкесов Г.Н. Надежность аппаратно-программных комплексов: Учеб.пособ. – СПб.: Питер, 2005. – 479 с.
2. ГОСТ 27.205. Надежность в технике. Проектная оценка надежности сложных систем с учетом технического и программного обеспечения и оперативного персонала.

А.В. Докучаев

ВВЕДЕНИЕ ФИКТИВНЫХ ДУГ В ПРОЦЕССЕ ПОСТРОЕНИЯ СЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

(Самарский государственный технический университет)

Задача построения сетевых моделей в виде ориентированных графов – пример одного из наиболее распространённых и успешных приложений дискретной математики в разнообразных областях: моделировании сложных технических систем [1-3, 6], управлении разработками программного обеспечения, планировании эксперимента и др.

Широкий спектр приложений диктует необходимость самых различных математических постановок задачи, значительно усложняющих решение. В частности, в настоящее время отсутствует экономный алгоритм решения практически важной задачи оптимального вложения дополнительного ограниченного ресурса, ускоряющего выполнение отдельных работ сложного проекта.

Существующие приёмы решения являются переборными и поэтому предъявляют завышенные требования к вычислительным и временным параметрам известных пакетов программ.



В процессе разработки программного обеспечения ставится задача разработки программного обеспечения за минимальное время с привлечением минимального ресурса (например: меньшего числа разработчиков, денежных средств). Для оптимизации сроков выполнения разработки применяются сетевые модели «работа-дуга» [1-3].

Рассмотрим задачу сетевого планирования и управления (СПУ) связным проектом $P = \{a(i)\}_{i=1}^{k \geq 1}$ из проектных работ $a(i): i \neq j \Leftrightarrow a(i) \neq a(j)$ с предшественниками $s(a(i)) \subset P$, здесь $s(a(i))$ – собственное (возможно, пустое) подмножество работ проекта P , требующих завершения до начала выполнения работы $a(i)$. Схема построения сетевой модели проекта изображена на рис. 1.

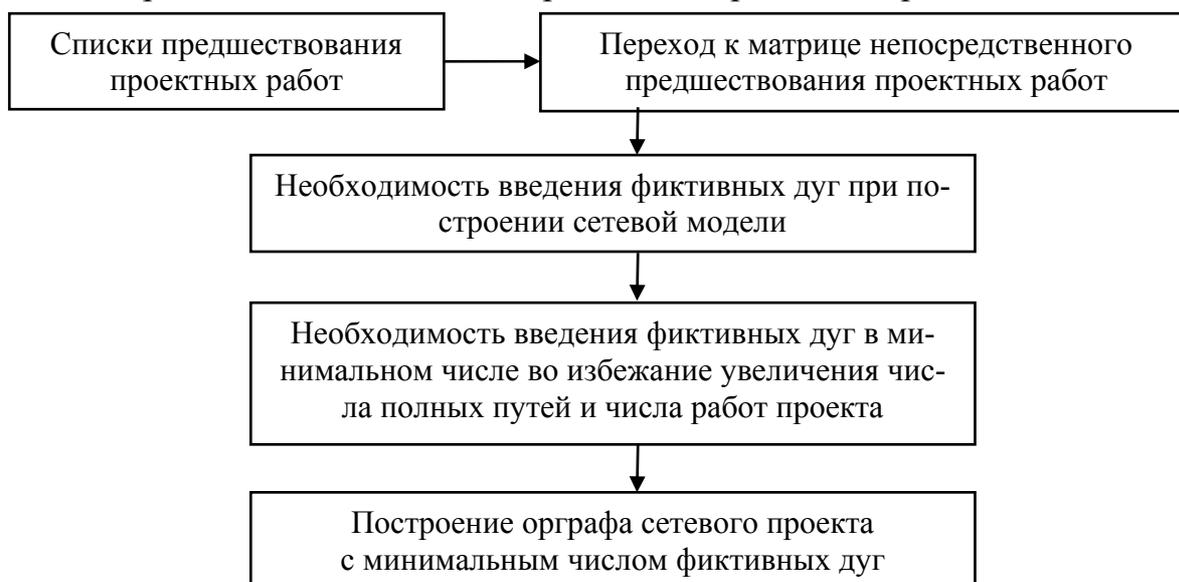


Рис. 1. Схема построения сетевой модели

После проведения процедур сокращения списка предшественников и упорядочивания работ [1] строится матрица непосредственного предшествования работ проекта.

В ходе построения орграфа проекта модели в ряде случаев возникает необходимость добавления фиктивных дуг. Фиктивная дуга соответствует работе с нулевым временем выполнения. Фиктивные дуги необходимо добавлять в минимальном числе, чтобы не увеличить общее число дуг проекта и как следствие число полных путей орграфа проекта. Задача оптимального построения орграфов так же актуальна при построении управляющих программ реального времени [5], изображении функциональных структур информационных систем [4].

Предложим универсальный алгоритм добавления необходимого числа фиктивных работ (соответствующих фиктивным дугам) $a(i) \notin P, i \geq k+1$.

Пусть D – неединичный блок матрицы непосредственного предшествования работ проекта и пусть sCr -подматрица D содержит единичную, то есть заполненную единицами, первую строку; остальные строки, а также все её столбцы ненулевые. Единичная строка может оказаться не единственной; обозначим



их число через d . Очевидно, $1 \leq d \leq s-1$. Также в подматрице D может быть несколько единичных столбцов; обозначим их число через e . Очевидно, $0 \leq e \leq k-1$.

Добавим фиктивные работы по следующему алгоритму:

1) Выделим в $s \times r$ -подматрице D собственную 2Ч2-блочную $s_1 \times r_1$ -подматрицу $D_1 < D$, $1 \leq s_1 \leq s-1$, $1 \leq r_1 \leq r-1$, состоящую из трёх единичных (заполненных единицами и обозначенных через

$$I[d_1 \times e_1], I[d_1 \times (r_1 - e_1)] \text{ и } I[(s_1 - d_1) \times e_1]$$

и одного нулевого, заполненного нулями и обозначенного

$$O[(s_1 - d_1) \times (r_1 - e_1)],$$

нижнего блока. Соответствующие размерности блоков удовлетворяют неравенствам

$$1 \leq d_1 \leq s_1 - 1 \text{ и } 1 \leq e_1 \leq r_1 - 1.$$

2) Для уменьшения числа добавляемых фиктивных работ необходимо так подобрать подматрицу $D_1 < D$, чтобы она не была собственной подматрицей другой аналогичной 2Ч2-блочной подматрицы $D_2 < D$.

Таким образом,

$$D_1 = \begin{pmatrix} I[d_1 \times e_1] & I[d_1 \times (r_1 - e_1)] \\ I[(s_1 - d_1) \times e_1] & O[(s_1 - d_1) \times (r_1 - e_1)] \end{pmatrix}$$

или, с очевидными переобозначениями размерностей блоков,

$$D_1 = \begin{pmatrix} I[d_1 \times e_1] & I[d_1 \times (r_1 - e_1)] \\ O[(s_1 - d_1) \times e_1] & I[(s_1 - d_1) \times (r_1 - e_1)] \end{pmatrix}.$$

3) Дальнейшие построения проводятся в обоих случаях аналогично, поэтому рассмотрим лишь первый вариант блочного представления D_1 . Добавим фиктивную работу $a(k+1)$ с условиями непосредственного предшествования $a(i_t) \in s(a(k+1))$ и $a(k+1) \in s(a(j_t))$, где правильные номера i_t непосредственно предшествующих фиктивной работе $a(k+1) \notin P$ проектных работ $a(i_t) \in P$ соответствуют попавшим в блок $I[d_1 \times e_1]$ подматрицы D_1 строкам, а правильные номера j_t непосредственно последующих за фиктивной работой $a(k+1) \notin P$ проектных работ $a(j_t) \in P$ соответствуют попавшим в блок $O[(s_1 - d_1) \times (r_1 - e_1)]$ подматрицы D_1 столбцам.

Применение описанного выше алгоритма позволяет автоматизировать построение сетевых моделей с добавлением минимального числа фиктивных дуг.

Литература

1. Докучаев А. В. , Котенко А. П. «Свойства графов задач сетевого планирования и управления». *Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки*, 5(21), 2010. – с. 204–211.

2. Докучаев А.В., Котенко А.П. Построение графа задачи оптимизации сетевого планирования и управления // Информационные, измерительные и управляющие системы (ИИУС-2010): Материалы международной научно-



технической конференции. 17-21 мая 2010 г. Самар. гос. техн. ун-т. – Самара, 2010. – с. 291-294.

3. Докучаев А.В., Котенко А.П. Построение графа задачи оптимизации сетевого планирования // Сб. Математическое моделирование и краевые задачи: Тр. седьмой Всероссийской научной конференции с международным участием. Ч.2: Моделирование и оптимизация динамических систем и систем с распределёнными параметрами. – Самара: Самар. гос. тех. ун-т, 2010. – с. 86-90.

4. Дидрих И.В. О надёжности программно-технических комплексов // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2014): труды Международной научно-технической конференции / под ред. С.А. Прохорова. – Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2014. – с. 442-444.

5. Мясникова Е.А., Тюгашев А.А. Параметрический генератор управляющих программ реального времени // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2013): труды Международной научно-технической конференции / под ред. С.А. Прохорова. – Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2013. – с. 354-357.

6. Постовалова И. П. Эффективный синтез сетевой модели «работы-дуги» с минимальным числом фиктивных работ. Управление большими системами, 2014, выпуск 52, – с. 118–132.

Н.В. Ефимушкина, Д.А. Панюшкин

ИМИТАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАМЯТИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

(Самарский государственный технический университет)

Введение

Общеизвестно, что современные вычислительные системы характеризуются сложными структурами и режимами функционирования. Для изучения особенностей их работы используются методы теории вычислительных систем (ВС) [1, 3]. Наиболее достоверные результаты позволяют получить эксперименты непосредственно над объектом в реальных или специально созданных условиях. Высокая сложность вычислительных систем ограничивает применение этих методов для обучения студентов.

Формулировка проблемы

Наиболее перспективными представляются методы имитационного моделирования, которые предполагают описание системы в виде алгоритма, называемого имитационной моделью. Соответствующая программа содержит процедуры, воспроизводящие структуру системы и протекающие в ней процессы. Важнейшее свойство имитационного моделирования — универсальность. Метод позволяет исследовать системы любой сложности, учитывать влияние различных факторов и воспроизводить типовые ситуации. Важной особенностью



рассматриваемого метода является возможность использования средств анимации, которые обеспечивают большую наглядность.

В настоящее время из аналогов автору известен только пакет программ имитационного моделирования компьютерных сетей, Ornet. Этот пакет не пригоден для изучения отдельных ЭВМ и систем на их основе. Предлагаемый комплекс включает в себя модели именно таких объектов.

При разработке моделей решался целый ряд проблем:

- 1) Выбор основных элементов исследуемых систем, которые должны быть отображены в модели;
- 2) Определение уровня детализации параметров объекта;
- 3) Оценка адекватности модели.

При решении первой проблемы в качестве объектов исследования были выбраны:

- а) Центральная часть современного компьютера, содержащая центральный процессор и кэш память;
- б) Подсистема памяти, включающая в себя оперативное (ОЗУ) и внешнее (ВЗУ) запоминающие устройства, работающие в режиме прямого доступа.

В моделях необходимо было отобразить основные элементы систем, которые определяют особенности их функционирования. Подсистема памяти имеет иерархическую многоуровневую структуру. Именно такая структура и исследуется в моделях. Подсистема «кэш – оперативная память» может быть организована тремя различными способами. Соответствующая модель позволяет исследовать все три типа кэш, а также различные режимы обмена строками, применяемые в реальных подсистемах. Традиционным способом обращения к файлам на внешних носителях является прямой доступ между ОЗУ и ВЗУ. Соответствующая модель позволяет исследовать такой режим работы этих устройств.

Другой проблемой при разработке моделей был выбор состава параметров, описывающих объекты. Они должны обеспечивать уяснение основных особенностей функционирования вычислительных систем и их устройств. При этом второстепенные факторы, усложняющие объекты, необходимо отбросить.

Описываемый подход привел к использованию упрощенных моделей подсистем. Так, в них не отображаются периферийные устройства, а в первой – даже центральный процессор. Модели содержат минимальное количество элементов, оказывающих влияние на работу объекта.

Описание моделей для исследования памяти вычислительных систем

Рассматриваемые модели представляют собой пакет программ имитационного моделирования подсистемы памяти современных вычислительных систем. Он предназначен для проведения лабораторных работ по дисциплине «ЭВМ и периферийные устройства» для направлений 09.03.01 и 09.03.04. Пакет может быть полезен при исследовании реальных компьютеров, имеющих подобную архитектуру. Он позволяет изучить особенности организации вычислительных процессов в подсистеме их памяти. Имеется возможность исследовать



влияние самых разнообразных факторов на производительность этих устройств и систем. Пакет обеспечивает оценку временных характеристик. Он включает в себя имитационные модели для исследования следующих подсистем:

- 1) Кэш – оперативная память;
- 2) Оперативная память – ВЗУ.

Общеизвестно, что память вычислительных систем имеет многоуровневую иерархическую структуру и включает в себя регистровое, кэш, оперативное и внешние запоминающие устройства. Основная идея такой иерархии – согласование скоростей работы операционных устройств, в первую очередь процессора, с запоминающими. При этом если информация хранится на верхнем уровне, то имеется ее копия и на нижнем [1].

Например, кэш-память исполняет роль буфера между ОП и процессором. Ее организация существенно влияет на производительность системы в целом. В основу иерархии памяти положен принцип локальности ссылок, в соответствии с которым программа и обрабатываемые ею данные образуют компактные области, занимающие ячейки с последовательными адресами. Обращение к кэш-памяти может закончиться двояко: попаданием (если информация найдена) или кэш-промахом (если информации нет).

Существует три типа организации описываемой памяти [1-3]:

- с прямым отображением;
- полностью ассоциативная;
- множественно-ассоциативная.

Первая является наиболее простой, но считается, что она характеризуется большим числом промахов. Полностью ассоциативный кэш – самый быстродействующий и самый сложный. Наиболее распространенной является множественно-ассоциативная память, содержащая несколько параллельных блоков. В ней для поиска блоков используется прямое отображение, а внутри блока - полностью ассоциативный метод или наоборот. Программный комплекс включает в себя модель подсистемы «кэш - оперативная память», которая позволяет изучить различные структуры кэш, основные методы замещения строк в ней, а также влияние объемов памяти обоих типов и времени выполнения операций обращения к ним на общие характеристики работы системы. При этом важная роль отводится визуализации процессов, протекающих в подсистеме. Пример экранной формы для исследования множественно-ассоциативной кэш-памяти приведен на рис. 1.

Использование в моделях принципа локальности ссылок, который упоминался ранее, привело к тому, что отображение информации из ОП в кэш прямого отображения и полностью ассоциативный осуществляется практически одинаково. Это приводит к тому, что частота промахов у таких устройств практически одинакова. Она растет только с увеличением размеров программ и массивов данных до значений, превышающих размеры кэша.

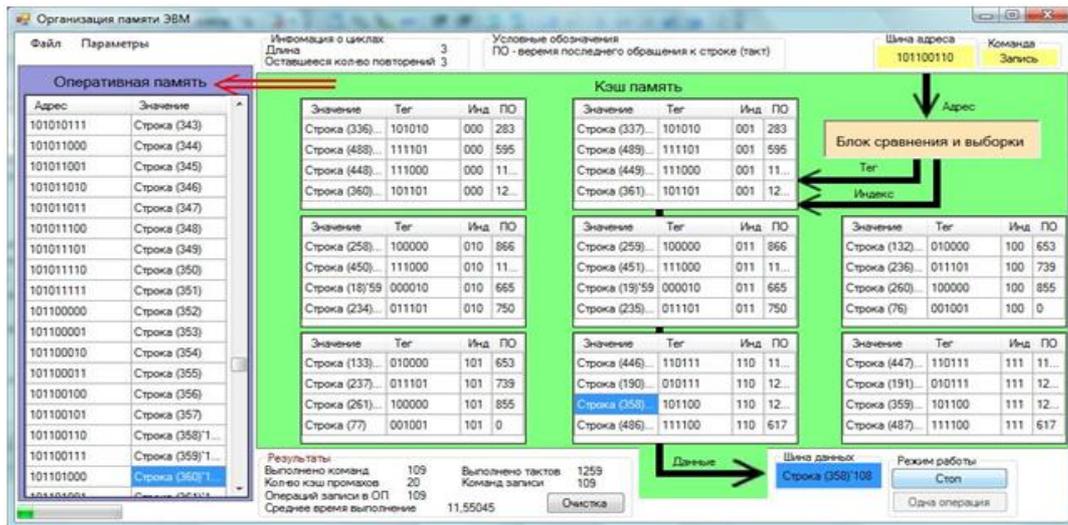


Рис. 1

Вычислительный процесс, порождаемый программой в современных ЭВМ неймановской архитектуры, начинается с процессорной обработки. Затем происходит его прерывание и обращение к одному из внешних устройств: накопителю или устройству ввода-вывода. Выполнение программы представляет собой последовательность этапов «счет на процессоре – обращение к внешнему устройству», которая завершается процессорной обработкой. Программный комплекс включает в себя модель, имитирующую реализацию такого процесса в подсистеме «оперативная память – ВЗУ». Пример экранной формы для исследования вычислительного процесса, протекающего в такой подсистеме, входящей в состав современной ЭВМ с типовой архитектурой, представлен на рис. 2.

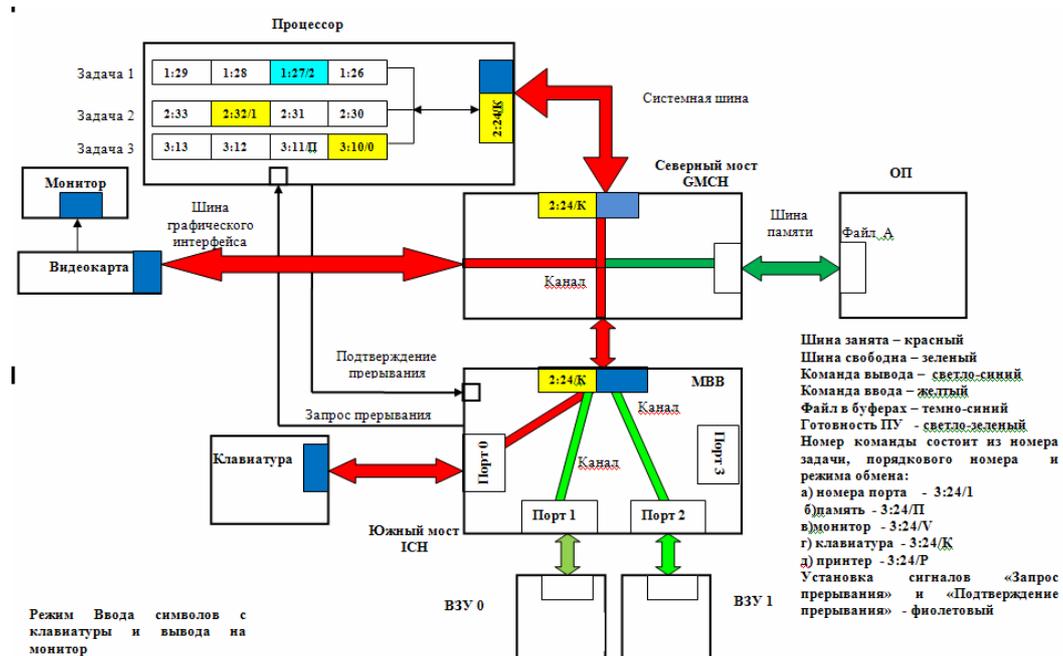


Рис. 2



Заключение

Предлагаемый программный комплекс содержит три модели типовых многопроцессорных систем. Он используется при выполнении лабораторных работ по дисциплине «Высокопроизводительные вычислительные системы» студентами направлений 230100 и 231000. Имитационные модели разработаны с использованием универсальных сред (Delphi и C++). Они являются упрощенными и воспроизводят основные элементы структур и режимов функционирования объектов, что обеспечивает простоту усвоения материала и позволяет определять наиболее оптимальные параметры структур и режимов. Важной особенностью моделей является визуализация исследуемых процессов. Она обеспечивает максимальную наглядность и оптимальный режим обучения.

Литература

1. Таненбаум, Э. Архитектура компьютера: пер. с англ. / Э. Таненбаум.- Изд. 5-е.- СПб., 2010. - 848 с.
2. Хамахер, К. Организация ЭВМ: пер. с англ. / К. Хамахер, З.Вранешич, С. Заки; Сер.: Классика computer science.- Изд. 5-е.; - СПб: Питер, 2003г. - 845 с.
3. Орлов С.П. Организация компьютерных систем: учебное пособие/С.П. Орлов, Н.В. Ефимушкина. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2011. – 188 с.

С.Л. Забелин, К.В. Жеголко, В.Д. Фроловский

МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ОПТИМИЗАЦИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АНАЛИЗА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПОЛИВА

(Новосибирский государственный технический университет, Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Одним из путей ускорения научно-технического прогресса является автоматизация конструкторских и технологических решений в САПР и АСТПП на базе широкого внедрения современных информационных технологий. При решении многих задач проектирования необходимо учитывать их геометрические особенности, что позволило выделить их в отдельный класс задач геометрического проектирования. В качестве примеров можно назвать задачи рационального раскроя материалов, задачи автоматизированного проектирования генеральных планов промышленных предприятий, задачи проектирования цифровой аппаратуры, проектирования систем воздушного и космического наблюдения, систем безопасности, систем освещения, агротехнических систем, и других. Задача геометрического покрытия относится к проблематике «раскроя и упаковки» (*Cutting and Packing, C&P*). В течение последних шестидесяти лет эта проблема привлекает внимание научных исследователей и производственников. Научное начало рациональному использованию материалов заложено работой: Л.В. Канторовича, И.В. Залгаллера [1], которая была впервые опубли-



кована в 1951г. К фундаментальным работам этого направления относятся работы: И.В. Романовского, Э.А. Мухачевой [2], А.С. Филипповой [3]. В отличие от других задач этого класса, задачи покрытия мало изучены на сегодняшний день. Актуальность задачи геометрического покрытия обусловлена также её принадлежностью к классу NP -трудных задач, причем, с дискретно-непрерывной структурой. Все точные методы, известные для решения подобных задач, имеют экспоненциальную вычислительную сложность. Поэтому возникает проблема разработки приближенных и эвристических методов, позволяющих находить субоптимальные решения. Эффективным является использование метаэвристических методов. В настоящее время развитие методов решения этого класса задач направлено, с одной стороны, на создание формального математического аппарата и выявление особенностей задач на основе единого подхода к их описанию, с другой стороны, на разработку практических моделей и оптимизационных методов для решения соответствующих задач в конкретных технологических условиях [2-4].

В докладе рассматривается решение задач оптимального геометрического покрытия с помощью «первого подходящего» (First Fit), вероятностного (Probabilistic), экстремального (Extreme) и муравьиного (Ant) алгоритмов и их применение для решения задач анализа и проектирования агротехнических систем полива.

Математическая постановка задачи формулируется следующим образом.

Пусть в двумерном пространстве имеется покрываемая поверхность S_0 и покрывающие геометрические объекты S_1, \dots, S_m , где m – общее количество заданных объектов различной формы (прямоугольники, треугольники, окружности и их теоретико-множественные комбинации). Требуется расположить геометрические объекты на покрываемой поверхности таким образом, чтобы вся поверхность была покрыта целиком, т.е. должно выполняться следующее условие: $S_0 \cap \left(\bigcup_{i=1}^n S_i \right) = S_0$, где n – общее количество использованных объектов (в общем случае $n \neq m$, т.к. некоторые объекты могут быть использованы несколько раз, или не использованы совсем). Задан один из следующих критериев оптимизации:

– $L_1 = n \rightarrow \min$, где n – количество использованных геометрических объектов;

– $L_2 = \sum_{i=1}^n P_i \rightarrow \min$, где P_i – стоимость использования i – го объекта;

– $L_3 = \bigcap_{i=1}^n S_i + \left(\sum_{i=1}^n S_i - \bigcap_{i=1}^n S_i - S_0 \right) \rightarrow \min$, где $\bigcap_{i=1}^n S_i$ – площадь пересечений

использованных объектов, $\left(\sum_{i=1}^n S_i - \bigcap_{i=1}^n S_i - S_0 \right)$ – площадь частей геометрических объектов, вышедших за края покрываемой поверхности. Кроме того, можно использовать комплексный критерий (аддитивный или мультипликативный). В



рассматриваемом подходе принято, что все объекты имеют растровую структуру [4].

Организация системы полива начинается с выбора и размещения оборудования для полива, от которого зависит организация трубопроводов. Зона полива определяется мощностью насосов. Сокращение количества оборудования уменьшит бюджет системы, а визуальное отображение позволит убедиться в полном покрытии нужного участка (см. рис. 2). Оборудование для полива образует диаграмму в виде кругов с различным диаметром. В примере используются круги с диаметром 5, 9, 12, 16, 20, 24, 28 пикселей. В таблице приведены результаты работы алгоритмов по организации системы полива. Покрывающие объекты сформированы в группы по 4 круга с постепенным ростом диаметра полива. Пример организации системы полива на рисунке 1 представлен компанией «Аквабаланс» на сайте <http://www.aquabalance.ru>.

Проведенные исследования и результаты вычислительных экспериментов на модельных и реальных задачах показали, что хорошие результаты по коэффициенту покрытия дают экстремальный алгоритм, муравьиный алгоритм и в некоторых случаях даже первый подходящий алгоритм показывает приемлемые результаты вследствие применения вероятностных процедур и выполнения большого количества перебора вариантов.

Экстремальный алгоритм имеет глубину рекурсии равную 1000 и за 50 выполнений достигает высоко результата по коэффициенту эффективности покрытия, однако для лучшего покрытия он использует круги меньшего диаметра, что приводит к увеличению числа используемых объектов. Такой результат работы алгоритма на практике можно тоже использовать для специфических реализаций, но основной целью программы является сокращение количества использованных разбрызгивателей без потери эффективности покрытия. Лидером в данном вопросе является муравьиный алгоритм по полной карте. Благодаря использованию полной карты муравьиный алгоритм размещает покрывающие объекты, не привязываясь к краям покрываемой поверхности. Также он использует группирование объектов по площади и размещает объекты сначала наилучшим способом, а потом подставляет объекты, начиная с наименьшей площади, заполняя пустоты. Благодаря интеллектуальному выбору места размещения и перебору групп алгоритм муравьиных колоний достигает хорошего результата, который можно использовать для оптимизации проекта.

Согласно существующим размещениям используется 11 разбрызгивателей, а муравьиный алгоритм расположил 5 разбрызгивателей (см. рис. 1, 2). Таким образом, уменьшилось на шесть количество разбрызгивателей.



Рис. 1. План участка полива



Таблица. Результаты работы алгоритмов по размещению оборудования системы полива

| Группа | Вариант алгоритма | Показатели результатов покрытий | |
|-------------------------------------|---------------------------|---------------------------------|-----|
| | | K_L | n |
| 1 круги диаметром 5,9,12,16 | <i>Первый подходящий</i> | 0,41091 | 18 |
| | <i>Вероятностный</i> | 0,39187 | 10 |
| | <i>Экстремальный</i> | 0,45028 | 27 |
| | <i>Муравьиных колоний</i> | 0,21815 | 15 |
| 2 круги диаметром 9,12,16,20 | <i>Первый подходящий</i> | 0,34170 | 12 |
| | <i>Вероятностный</i> | 0,24216 | 9 |
| | <i>Экстремальный</i> | 0,38730 | 16 |
| | <i>Муравьиных колоний</i> | 0,29078 | 7 |
| 3 круги диаметром 12,16,20,24 | <i>Первый подходящий</i> | 0,28956 | 9 |
| | <i>Вероятностный</i> | 0,16125 | 8 |
| | <i>Экстремальный</i> | 0,37304 | 12 |
| | <i>Муравьиных колоний</i> | 0,29099 | 5 |
| 4 круги диаметром 16,20,24,28 | <i>Первый подходящий</i> | 0,28472 | 6 |
| | <i>Вероятностный</i> | 0,09428 | 7 |
| | <i>Экстремальный</i> | 0,34876 | 8 |
| | <i>Муравьиных колоний</i> | 0,38767 | 5 |

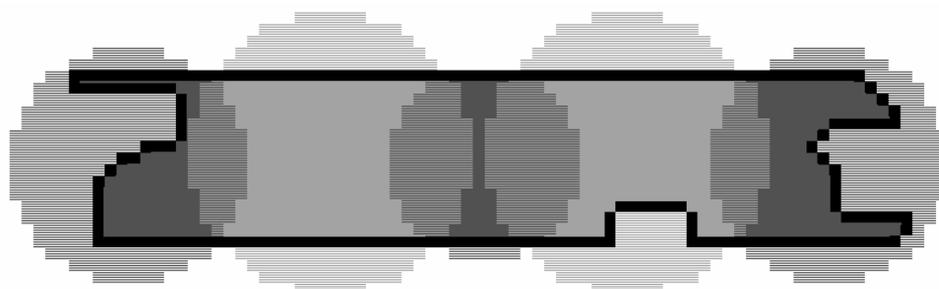


Рис. 2. Результат покрытия алгоритмом муравьиных колоний участка полива группой №4

Заключение

Применение разработанных алгоритмов может существенно помочь в проектировании агротехнических систем полива и др. систем. Формируя различные группы объектов в зависимости от формы диаграммы направленности и стоимость оборудования, можно получать разные схемы покрытия. Из полученных результатов выбирается наиболее приемлемый исходя из индивидуальных особенностей системы и покрываемой поверхности. Для использования этих покрытий в проектировании нужна доработка, так как все особенности покрываемой поверхности и объектов учесть нельзя, однако это значительно упрощает ручную проработку, и значительно снижает вероятность ошибки.



Литература

1. Канторович Л.В., Заллгаллер В.А. Рациональный раскрой промышленных материалов. СПб.: Невский диалект. 2012. -304 с.
2. Мухачева Э.А., Валиахметова Ю.И., Хасанова Э.И., Телицкий С.В. Проектирование размещения ортогональных объектов на полигонах с препятствиями. Информационные технологии. 2010. № 10. С. 16-22.
3. Филиппова А.С., Кузнецов В.Ю. Задачи о минимальном покрытии ортогональных многоугольников с запретными участками. Информационные технологии. 2008. № 9 (145). 2008. С. 60-65.
4. Фроловский В. Д., Забелин С.Л. Разработка и анализ приближенных методов решения оптимизационных задач геометрического покрытия. Информационные технологии в проектировании и производстве. № 3. 2011. С. 54-58.

Ю.М. Заболотнов, А.А. Лобанков

ОПТИМАЛЬНОЕ ДЕМПФИРОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ ТВЕРДОГО ТЕЛА ПРИ ЕГО ДВИЖЕНИИ ВОКРУГ НЕПОДВИЖНОЙ ТОЧКИ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

В работе рассматривается метод расчета приближенно оптимального регулятора для стабилизации движения твердого тела относительно неподвижной точки. Предполагается, что движение твердого тела близко к движению в классическом случае Лагранжа. Метод основывается на совместном применении принципа динамического программирования Беллмана [1] и метода усреднения. Метод усреднения применяется для приближенного решения уравнения Гамильтона – Якоби – Беллмана, что позволяет осуществить синтез регулятора. Предлагаемый метод расчета регулятора может быть использован во многих задачах, близких к задаче о движении волчка Лагранжа (движение твердого тела в атмосфере, движение твердого тела на тросе при развертывании орбитальной тросовой системы и др.).

Синтез регулятора в данной работе проводится для малых углов нутации, то есть невозмущенная система представляет собой линейную систему с гироскопическими членами. После преобразования системы к нормальным координатам синтез управления осуществляется по квадратичному критерию оптимальности на асимптотически большом интервале времени. Обратное преобразование координат позволяет записать уравнение регулятора в исходных переменных и, тем самым, решить поставленную задачу.

Движение твердого тела вокруг неподвижной точки описывается классическими динамическими и кинематическими уравнениями Эйлера относительно некоторой неподвижной системы координат. При рассмотрении движения твердого тела в окрестности статически устойчивого положения равновесия (то



есть при малых углах нутации) эти уравнения удобно записать в комплексной форме. Тогда, используя результаты работы [2], получим

$$\frac{d^2 \xi}{dt^2} - i \bar{J}_z \omega_z \frac{d\xi}{dt} + \omega^2(r) \xi = \varepsilon F\left(r, \xi, \frac{d\xi}{dt}, \omega_z, \Phi\right), \quad (1)$$

$$\frac{d\omega_z}{dt} = \varepsilon f(r, \xi, \omega_z, \Phi), \quad (2)$$

$$\frac{d\Phi}{dt} = \omega_z + \varepsilon R\left(\xi, \frac{d\xi}{dt}\right), \quad (3)$$

где $\xi = \theta e^{i\psi}$, θ и ψ - углы нутации и прецессии твердого тела, $i^2 = -1$, r - вектор медленно изменяющихся переменных, $\omega^2(r) = \Delta z G(r) / J$, $J = (J_x + J_y) / 2$; $\Delta z > 0$ - координата, определяющая положение центра масс тела относительно неподвижной точки; J_x, J_y, J_z - осевые моменты инерции тела; $\bar{J}_z = J_z / J$; $\Phi = \varphi + \psi$; $\varepsilon F\left(r, \xi, \frac{d\xi}{dt}, \omega_z, \Phi\right)$, $\varepsilon f(r, \xi, \omega_z, \Phi)$, $\varepsilon R\left(\xi, \frac{d\xi}{dt}\right)$ - известные функции, характеризующие действие малых возмущений [2]. Для упрощения асимптотического анализа все возмущающие функции масштабируются одним малым параметром ε .

Невозмущенное движение тела описывается следующими уравнениями

$$\frac{d^2 \xi}{dt^2} - i \bar{J}_z \omega_z \frac{d\xi}{dt} + \omega^2(r) \xi = 0, \quad (4)$$

$$\frac{d\Phi}{dt} = \omega_z, \quad \omega_z = const, \quad r = const. \quad (5)$$

Решение невозмущенного уравнения (4) можно записать в виде

$$\xi = a_1 e^{i\psi_1} + a_2 e^{i\psi_2}, \quad (6)$$

где a_1 и a_2 - амплитуды колебаний (вещественные величины), $\psi_1 = \omega_1 t + \psi_1(0)$ и $\psi_2 = \omega_2 t + \psi_2(0)$ - фазы; $\psi_1(0), \psi_2(0)$ - начальные значения фаз; $\omega_{1,2} = \bar{J}_z \omega_z / 2 \pm \omega_\theta$ - частоты колебаний; $\omega_\theta = \sqrt{\bar{J}_z^2 \omega_z^2 / 4 + \omega^2}$.

Резонансные случаи движения твердого тела, когда угловая скорость $\omega_z \approx \omega_{1,2}$ в данной работе не рассматриваются, так как требуют особого анализа.

С учетом вышесказанного ставится задача определения управления εu , обеспечивающего динамическую устойчивость движения твердого тела вокруг неподвижной точки исходя из минимума квадратичного критерия оптимальности



$$I = \varepsilon \int_0^T W(a_1, a_2, u_\alpha, u_\beta) dt, \quad (7)$$

где $W(a_1, a_2, u_\alpha, u_\beta) = b_1 a_1^2 + b_2 a_2^2 + c(u_\alpha^2 + u_\beta^2)$, $b_1, b_2, c > 0$ - весовые коэффициенты. Причем амплитуды колебаний определяются в силу возмущенной системы и должны удовлетворять условиям динамической устойчивости $\frac{da_1}{dt}, \frac{da_2}{dt} < 0$ в каждый момент времени.

Движение твердого тела рассматривается на асимптотически большом промежутке времени $T = L/\varepsilon$, где $L < \infty$ - некоторая константа, поэтому функционал (7) изменяется на величину порядка $O(1)$.

После перехода к переменным «амплитуды-фазы» и определения оптимального управления приходим к уравнению в частных производных Гамильтона – Якоби – Беллмана

$$\varepsilon \frac{\partial V}{\partial a} \cdot X(a, \phi, r) + \varepsilon \frac{\partial V}{\partial \phi} \cdot Y(a, \phi, r) + \frac{\partial V}{\partial \phi} \cdot \omega(r) + \frac{\partial V}{\partial r} \cdot \frac{dr}{dt} + \varepsilon \sum_{k=1}^2 b_k a_k^2 + U = 0, \quad (8)$$

Здесь $\frac{dr}{dt} = O(\varepsilon)$, $U = -\varepsilon c \left[(u_\alpha^o)^2 + (u_\beta^o)^2 \right]$, где

$$u_\alpha^o = \frac{1}{4c\omega_\theta} \sum_{k=1}^2 (-1)^k \left(\frac{\partial V}{\partial a_k} \cos \psi_k - \frac{1}{a_k} \frac{\partial V}{\partial \psi_k} \sin \psi_k \right), \quad (9)$$

$$u_\beta^o = \frac{1}{4c\omega_\theta} \sum_{k=1}^2 (-1)^{k+1} \left(\frac{\partial V}{\partial a_k} \sin \psi_k + \frac{1}{a_k} \frac{\partial V}{\partial \psi_k} \cos \psi_k \right). \quad (10)$$

Для определения приближенного решения уравнения Гамильтона – Якоби – Беллмана используется метод усреднения. В итоге получаем

$$\varepsilon \frac{\partial V_0}{\partial a} \cdot \langle X(a, \phi, r) \rangle + \varepsilon \sum_{k=1}^2 b_k a_k^2 + \langle U \rangle + O(\varepsilon^2) + \dots = 0, \quad (11)$$

где $\langle \cdot \rangle$ - стандартный оператор усреднения по фазам,

$$\langle U \rangle = -\frac{\varepsilon}{16c\omega_\theta^2} \left[\left(\frac{\partial V_0}{\partial a_1} \right)^2 + \left(\frac{\partial V_0}{\partial a_2} \right)^2 \right].$$

Усреднение функций $X(a, \phi, r)$, входящих в уравнение первого приближения (11), когда $\varepsilon F = 0$ при наличии линейных возмущающих функций, дает

$$\langle X(a, \phi, r) \rangle = \frac{1}{2\omega_\theta} \begin{pmatrix} v_1 a_1 \\ v_2 a_2 \end{pmatrix}, \quad (12)$$

где $v_1 = \mu_z \omega_z + \mu \omega_1$, $v_2 = -\mu_z \omega_z - \mu \omega_2$, μ_z и μ - параметры, характеризующие действующие возмущения.



Решение уравнения (11) в этом случае нетрудно найти, используя метод неопределенных коэффициентов. Тогда, определяя решение в виде $V_0 = \sum_{k=1}^2 B_k a_k^2$, подставляя его в (11) и приравнявая к нулю коэффициенты при a_1^2 и a_2^2 , получим

$$B_k = 2\omega_\theta \left[cv_k + \sqrt{c^2 v_k^2 + cb_k} \right], \quad k = 1, 2. \quad (13)$$

Тогда функции оптимального управления (9-10) примут вид

$$u_\alpha^o = \frac{1}{4c\omega_\theta} \sum_{k=1}^2 (-1)^k \left(\frac{\partial V_0}{\partial a_k} \cos \psi_k - \frac{\varepsilon}{a_k} \frac{\partial V_1}{\partial \psi_k} \sin \psi_k \right), \quad (14)$$

$$u_\beta^o = \frac{1}{4c\omega_\theta} \sum_{k=1}^2 (-1)^{k+1} \left(\frac{\partial V_0}{\partial a_k} \sin \psi_k + \frac{\varepsilon}{a_k} \frac{\partial V_1}{\partial \psi_k} \cos \psi_k \right). \quad (15)$$

После подстановки оптимального управления (15) в уравнения для амплитуд и усреднения по фазам, получим в первом приближении метода усреднения

$$\frac{da_{1,2}}{dt} = -\frac{\varepsilon a_{1,2}}{2\omega_\theta} \sqrt{v_{1,2}^2 + b_{1,2}/c}. \quad (16)$$

Условие $da_{1,2}/dt < 0$, которое следует из выражения (16), обеспечивает динамическую устойчивость движения твердого тела вокруг неподвижной точки.

Для определения регулятора в других переменных осуществляется обратное по отношению к замене переменных (6) преобразование координат.

В качестве примера расчета оптимального регулятора рассматривается случай демпфирования колебаний твердого тела при следующих исходных данных:

$$\omega = 0.8c^{-1}, \quad \omega_z(0) = 1c^{-1}, \quad \bar{J}_z = 0.8, \quad \theta(0) = \pi/2, \quad \mu = 0.05, \quad \mu_z = 0.01, \\ b_1 = b_2 = 1, \quad c = 100.$$

На рис.1 показан процесс демпфирования нутационных колебаний с помощью определенного приближенно оптимального регулятора, рассчитанный по исходной нелинейной модели движения твердого тела.

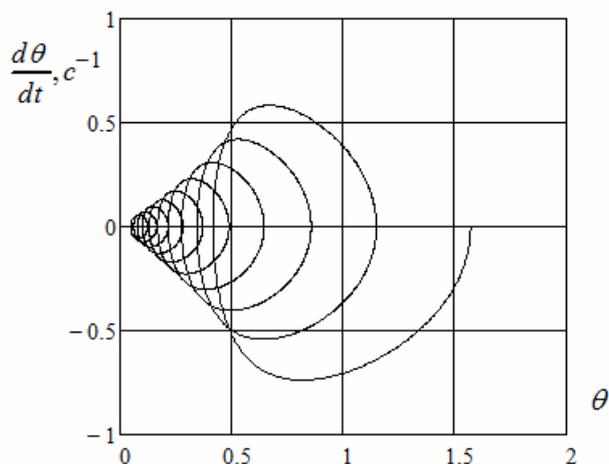


Рис. 1

Литература

1. Беллман Р. Динамическое программирование. Москва. ИЛ. 1960.
2. Заболотнов Ю. М., Любимов В.В. Вторичные резонансные эффекты при вращении твердого тела вокруг неподвижной точки // Механика твердого тела. 2002. № 1. С. 49-59.

А.И. Заико, Э.А. Кильметов

ПРИМЕНЕНИЯ АНИЗОТРОПНЫХ МАГНИТОРЕЗИСТИВНЫХ ДАТЧИКОВ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ГМВ

(Уфимский государственный авиационный технический университет)

В настоящее время широкое распространение получают датчики, основанные на анизотропном магниторезистивном (АМР) эффекте. Информационно-измерительные системы (ИИС), построенные на базе АМР датчиков получают менее габаритными, тем самым получают возможность встраивания в различные готовые решения.

Создание специализированных геоинформационных систем, обеспечивающих регистрацию параметров геомагнитных возмущений (ГМВ) естественной природы происхождения, является актуальным.

В случае приложения внешнего (исследуемого) магнитного поля H , к отдельно взятому АМР-элементу, поле поворачивает вектор намагниченности тонкой магнитной пленки на угол β . Значение β зависит от направления и величины H , при этом сопротивление пермаллоевой пленки имеет не линейную зависимость от приложенного поля. В значительной мере лианеризовать выходную характеристику АМР-элемента возможно, путем задания так называемой «зазубренной» (в оригинале от англ. barber-pole) [4] структуры, схематически представленной на рис. 1. В этом случае, когда $H \ll H_0$ сопротивление АМР-сенсора будет определяться соотношением



$$R \approx R_{B=0} \pm \Delta R_{max} \frac{H}{H_0} \quad (1)$$

где H_0 – подмагничивающее поле. Угол наклона пермаллоевых и немагнитных полосок относительно общей ориентации AMR -элемента в пространстве соответствует 45° . [2]



Рис. 1. Структура типа «barber-pole» единичного AMR -элемента

Рассмотрим соединение единичных AMR -элементов (рис. 1) по принципу полностью дифференциального измерительного моста. Физически, данная структура представляет собой четыре эквивалентных «barber-pole» AMR -элемента, соединенных по схеме, представляющей из себя плечи измерительного моста (рис. 2). Напряжение, снимаемое с измерительной диагонали моста, будет определяться в соответствии с выражением (2). [3]

$$U = \left(\frac{R1}{R1+R4} - \frac{R2}{R2+R3} \right) U_0, \quad (2)$$

где U – напряжение, снимаемое с измерительной диагонали моста; $R1, R2, R3, R4$ – сопротивление плеч измерительного моста (рис. 2); U_0 – напряжение питания моста.

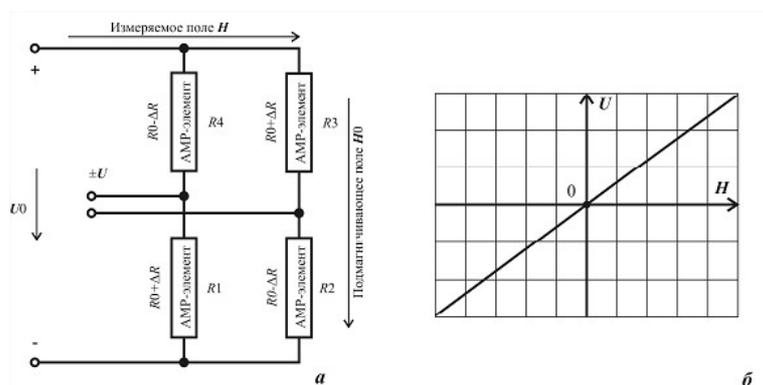


Рис. 2. Мостовая схема соединения AMR -элементов и ее тесла-вольтная характеристика

Допуская, что все AMR -элементы входящие в состав измерительного моста физически эквиваленты между собой, выражение (2), можно переписать в виде выражения

$$U(H) = 2U_0 \Delta R_{max} \left(\frac{H}{H_0} \right) \sqrt{1 - \left(\frac{H}{H_0} \right)^2} \approx 2U_0 \Delta R_{max} \left(\frac{H}{H_0} \right). \quad (3)$$

Из выражения (3) очевидно, что напряжение на выходе мостового AMR -сенсора, построенного в соответствии со структурой, приведенной на рис.



2, 3 квазилинейно по своей природе и прямо пропорционально зависит от напряжения питания моста и чувствительно к знаку поля (рис. 2, б).

Таким образом, выражение (3) представляет собой универсальную модель мостового АМР-сенсора, учитывающую основные процессы, протекающие в «*barber-pole*» тонких магнитных пленках, имеющую при этом лаконичную форму записи, а потому удобную при инженерно-технических расчетах.

Литература

1. Воробьев А.В. Магнитные материалы и элементы электронных устройств – Уфа: Издательство УГАТУ, 2012. – 154 с.
2. Воробьев А. В., Зигангиров Л.Р. Автоматизированная система управления подмагничиванием прецизионных магниторезистивных измерительных преобразователей // Приборы №4 (130), 2011. – С. 24-27.
3. Analog Devices Методы практического конструирования при нормировании сигналов с датчиков. – М.: Автекс 2003, С. 17 - 20.
4. Патент 125398 РФ, Магниторезистивный сенсорный модуль / А.В Воробьев, А.И. Заико, Э.А. Кильметов. – Оpubл. 24.04.13. Бюл. №16 – 4с.:ил.

В.Е. Зотеев, А.А. Свистунова

ЧИСЛЕННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНО УПРОЧНЕННОГО СЛОЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ИЗДЕЛИЯ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

(Самарский государственный технический университет)

При расчете и исследовании полей остаточных напряжений и пластических деформаций в поверхностно-упрочненном цилиндрическом изделии одной из основных задач является задача достоверной оценки параметров аппроксимации экспериментальных зависимостей остаточных напряжений $\sigma_{\theta}^{res}(r)$. Эта зависимость от глубины r упрочненного слоя цилиндрического образца, как правило, описывается аналитической функцией вида

$$\sigma_{\theta}^{res}(r) = \sigma_0 - \sigma_1 \exp\left[-\alpha(a-r)^2\right] \quad (1)$$

где σ_0 , σ_1 и b – параметры, подлежащие определению [1]. Известный подход к решению этой задачи не предполагает в своих алгоритмах применения статистических методов обработки результатов эксперимента [1]. Он, как правило, использует информацию о двух, специальным образом выбранных, точках кривой (1) и дополнительное условие, связывающее её параметры. При этом практически все точки эксперимента в вычислениях параметров зависимости (1) не участвуют, что является существенным недостатком такого метода.



Предлагается новый численный метод определения на основе экспериментальных данных параметров напряженного состояния поверхностно упрочненного слоя цилиндрического изделия. В основе метода лежит среднеквадратичное оценивание коэффициентов разностного уравнения, описывающего результаты эксперимента для компоненты остаточных напряжений, возникающих в упрочненном слое цилиндрического образца после процедуры поверхностного пластического деформирования. Алгоритм этого метода включает следующие основные этапы [2]:

- построение рекуррентной формулы, связывающей несколько последовательных дискретных значений зависимости (1) компоненты напряжений $\sigma_{\theta}^{res}(r)$;
- разработка разностных уравнений, описывающих результаты наблюдений и учитывающих случайный разброс в данных эксперимента;
- формирование на основе разностных уравнений обобщенной регрессионной модели, коэффициенты которой известным образом связаны с параметрами исследуемой зависимости (1);
- среднеквадратичное оценивание коэффициентов обобщенной регрессионной модели, в основе которого лежит минимизация суммы квадратов отклонений модели (1) от результатов наблюдений по всем точкам эксперимента;
- вычисление параметров компоненты остаточных напряжений, возникающих в упрочненном слое цилиндрического образца;
- оценка погрешности результатов вычислений, а также адекватности построенной модели результатам эксперимента.

В соответствии с методикой, изложенной в [2], построена система разностных уравнений при отсутствии ограничений, описывающая результаты эксперимента для компоненты напряжений $\sigma_{\theta}^{res}(r)$, и лежащая в основе численного метода параметрической идентификации напряженно-деформированного состояния:

$$\begin{cases} y_0 = \lambda_3 + \varepsilon_0, \\ y_1 = \lambda_1(1 - \sqrt{\lambda_2^{(i)}}) + \lambda_3\sqrt{\lambda_2^{(i)}} + \varepsilon_1, \\ y_{k-2}y_k = \lambda_1(y_{k-2} + y_k - \lambda_1^{(i)}) + \lambda_2(y_{k-1}^2 - 2\lambda_1y_{k-1} + \lambda_2^{(i)2}) + \eta_k, \\ \eta_k = \varepsilon_k(y_{k-2} - \lambda_1) + 2\lambda_2\varepsilon_{k-1}(\lambda_1^{(i)} - y_{k-1}) + \varepsilon_{k-2}(y_k - \lambda_1), \end{cases} \quad (2)$$

$$k = 2, N - 1.$$

где $y_k = \sigma_{\theta}^{res}(k\Delta r)$, $k = 0, 1, 2, 3, \dots, N - 1$, – результаты эксперимента, Δr – шаг дискретизации зависимости (1); N – объем выборки результатов наблюдений; ε_k – случайный разброс в данных эксперимента;

$$\lambda_1 = \sigma_0, \lambda_2 = \exp[-2\alpha\tau^2], \lambda_3 = \sigma_0 - \sigma_1 \quad (3)$$

Формулы (3) позволяют по найденным среднеквадратичным оценкам коэффициентов разностного уравнения (2) вычислить σ_0 , σ_1 и α модели (1).



Если использовать условие, что твердого тела, эпюра напряжения $\sigma_{\theta}^{res}(r)$ должна быть самоуравновешенной, т.е. должно выполняться условие

$$\int_0^a \sigma_{\theta}^{res}(r) dr = 0 \quad (4)$$

то система разностных уравнений будет иметь вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} y_0 = \lambda_1 \left(1 - \frac{\sqrt{2}a\sqrt{-\ln \lambda_2^{(i)}}}{\sqrt{\pi\tau} \operatorname{erf}\left(\frac{a\sqrt{-\ln \lambda_2^{(i)}}}{\sqrt{2\tau}}\right)} \right) + \varepsilon_0, \\ y_1 = \lambda_1 \left(1 - \frac{\sqrt{2}a\sqrt{\lambda_2} \sqrt{-\ln \lambda_2^{(i)}}}{\sqrt{\pi\tau} \operatorname{erf}\left(\frac{a\sqrt{-\ln \lambda_2^{(i)}}}{\sqrt{2\tau}}\right)} \right) + \varepsilon_1, \\ y_{k-2}y_k = \lambda_1(y_{k-2} + y_k - \lambda_1^{(i)}) + \lambda_2(y_{k-1}^2 - 2\lambda_1 y_{k-1} + \lambda_2^{(i)2}) + \eta_k, \\ \eta_k = \varepsilon_k(y_{k-2} - \lambda_1) + 2\lambda_2\varepsilon_{k-1}(\lambda_1^{(i)} - y_{k-1}) + \varepsilon_{k-2}(y_k - \lambda_1), \quad k = 2, N-1. \end{array} \right. \quad (5)$$

$$\lambda_1 = \sigma_0, \lambda_2 = \exp[-2\alpha\tau^2], \sigma_0 = \sigma_1 \frac{\sqrt{\pi} \operatorname{erf}(a\sqrt{\alpha})}{2\sqrt{\alpha}a}. \quad (6)$$

Формулы (6) позволяют по найденным среднеквадратичным оценкам коэффициентов разностного уравнения (5) вычислить параметры σ_0 , σ_1 и b модели (1).

При обработке результатов эксперимента при исследовании остаточных напряжений, как правило, бывает, известна величина x_0 , при которой $\sigma_{\theta}^{res}(x_0)dr = 0$. Тогда с учетом этого условия получаем соотношение:

$$\exp[-\alpha x_0^2] = \frac{\sqrt{\pi} \operatorname{erf}(a\sqrt{\alpha})}{2a\sqrt{\alpha}}. \quad (7)$$

Используя формулу простых итераций, получим численное решение для параметра α :

$$\alpha^{(k+1)} = \alpha^{(k)} + c \left(2a\sqrt{\alpha^{(k)}} e^{-\alpha^{(k)}x_0^2} - \sqrt{\pi} \operatorname{erf}(a\sqrt{\alpha^{(k)}}) \right), \text{ где } c \approx -0.5 \div (-0.9), \alpha^{(0)} = \frac{1}{2x_0^2}.$$

Параметры σ_0 и σ_1 можно найти по формулам:

$$\sigma_0 = \sigma_1 e^{-\alpha x_0^2}, \quad \sigma_0 = \sigma_1 \frac{\sqrt{\pi} \operatorname{erf}(a\sqrt{\alpha})}{2\sqrt{\alpha}a}$$



Для вычисления среднеквадратичных оценок коэффициентов разностного уравнения (2) и (5), обеспечивающих минимум отклонения модели (1), описывающей компоненту напряжений $\sigma_{\theta}^{res}(r)$, от экспериментальных данных, используется обобщенная регрессионная модель вида

$$\begin{cases} b = F\lambda + \eta; \\ \eta = P_{\lambda}\varepsilon, \end{cases} \text{ где}$$

$$b = (y_0, y_1, y_0 y_2, \dots, y_{N-3} y_{N-1})^T, \lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3)^T, \varepsilon = (\varepsilon_0, \dots, \varepsilon_{N-1})^T, \eta = (\eta_1, \dots, \eta_N)^T.$$

Для выполнения условия $\|\varepsilon\|^2 = \|P_{\lambda}^{-1}b - P_{\lambda}^{-1}F\lambda\|^2 \rightarrow \min$ алгоритм численного метода на основе обобщенной регрессионной модели использует итерационную процедуру уточнения среднеквадратичных оценок \mathcal{K}_i коэффициентов разностного уравнения. Эта процедура может быть описана формулой:

$$\mathcal{K}^{(i+1)} = (F^T \Omega_{\mathcal{K}^{(i)}}^{-1} F)^{-1} F^T \Omega_{\mathcal{K}^{(i)}}^{-1} b, \quad \Omega_{\mathcal{K}^{(i)}} = P_{\mathcal{K}^{(i)}} P_{\mathcal{K}^{(i)}}^T, \quad (4)$$

где $i = 0, 1, 2, \dots$ – номер итерации. Начальное приближение вектора среднеквадратичных оценок $\mathcal{K}^{(0)}$ может быть найдено из условия минимизации невязки $\|\eta\|^2 \rightarrow \min$ по формуле $\mathcal{K}^{(0)} = (F^T F)^{-1} F^T b$. Достаточные условия сходимости итерационной процедуры рассматриваются и исследуются в [2].

Для проведения численно аналитического исследования эффективности численного метода определения параметров остаточных напряжений было разработано программное средство на языке C#. Используются результаты эксперимента, взятые из [3].

Был применен используемый в механике метод определения параметров остаточных напряжений, а также три разработанных алгоритма на основе разностных уравнений. Данные приведены в таблице 1.

| | σ_0 | σ_1 | α | s^2 |
|---|------------|------------|----------|-------|
| Известный метод | 19.3 | 1019.3 | 156.25 | 11.4% |
| 1 алгоритм – нет ограничений | -37.84 | 880.55 | 147.74 | 7.9% |
| 2 алгоритм – условие равновесия | 15.20 | 840.5 | 150.0 | 14.8% |
| 3 алгоритм – условие равновесия и граничная точка | 18.12 | 961.29 | 154.95 | 9.6% |

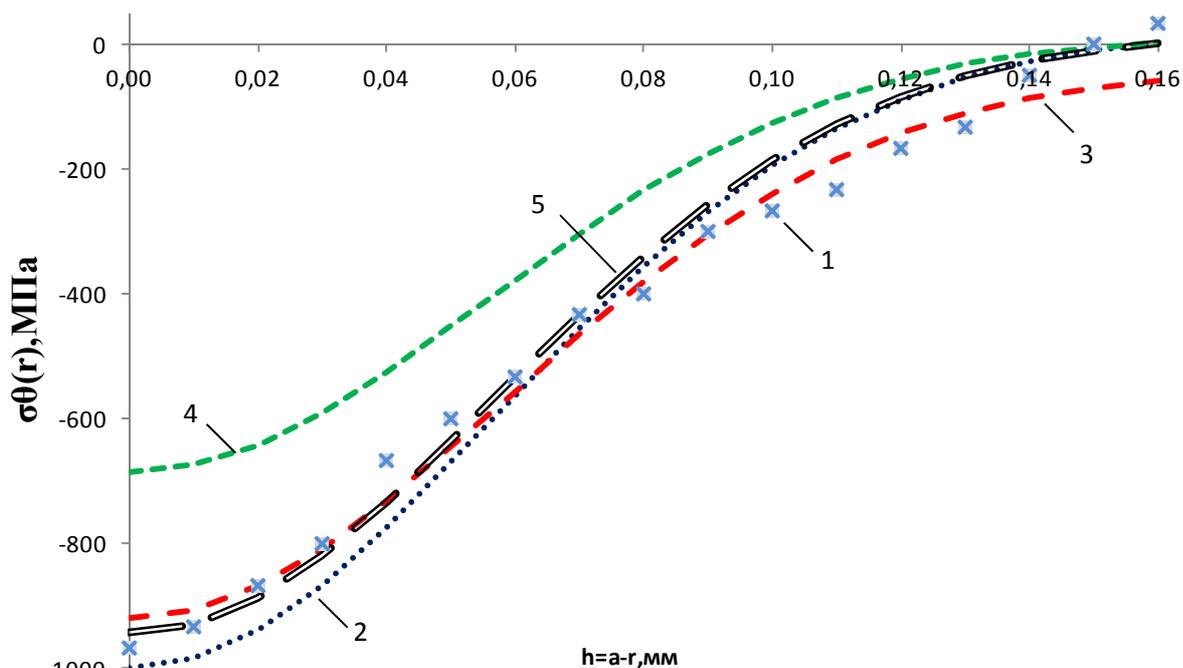


Рис. 1. Эпюры остаточных напряжений $\sigma_{\theta}^{res}(r)$ (сплав ЖС6 КП) в цилиндрическом образце радиуса $a = 3.76$ мм: 1 – экспериментальные данные; 2 – кривая построенная известным методом [1]; 3 – кривая, построенная по 1 алг.; 4 – кривая, построенная по 2 алг.; 5 – кривая, построенная по 3 алг.

Таким образом, применение численного метода, в основе которого лежит среднеквадратичное оценивание коэффициентов разностного уравнения, при расчете и исследовании полей остаточных напряжений при поверхностном упрочнении цилиндрических изделий позволяет повысить адекватность модели экспериментальным данным и, тем самым, достоверность оценок параметров напряженно деформируемого состояния.

Литература

1. Радченко, В.П. Ползучесть и релаксация остаточных напряжений в упрочненных конструкциях/В. П. Радченко, М.Н. Саушкин М.: Машиностроение-1, 2005. – 226 с.
2. Зотеев, В.Е. Параметрическая идентификация диссипативных механических систем на основе разностных уравнений/В. Е. Зотеев.- М.: Машиностроение, 2009.-344 с.
3. Гриневич, Е.В. Исследование полей остаточных напряжений при поверхностном упрочнении цилиндрических изделий // Прочность и долговечность элементов конструкций/Е.В. Гриневич, О.В. Колотникова – Куйбышев: КПТИ, 1983. – С. 88-97.



В.П. Иосифов

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ОБРАБОТКИ ОТКЛИКОВ С НЕКОРРЕЛИРОВАННЫМИ ДАННЫМИ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ДАТЧИКАХ

(Институт сервиса и технологий

(филиал Донского государственного технического университета), Пятигорск)

В докладе рассматриваются параметрический метод спектрального анализа с целью их применения в интеллектуальных датчиках в подсистеме определения динамических характеристик.

При применении МНК в регрессионной модели предполагается, что случайные ошибки не коррелированы между собой и имеют постоянную дисперсию [1]. Но такое допущение не всегда реалистично. В общем случае дисперсии зависимых величин не постоянны. Значение исследуемой величины в текущий момент времени статистически зависит от ее значений в прошлом. Поэтому необходимо разработать методику, рассматривающую модели регрессии без предположения, что $V(e) = \sigma^2 I$. Представим, что входной сигнал неслучаен и имеет полный ранг, математическое ожидание ошибки равно нулю ($M(e) = 0$), и дисперсия ошибки есть $V(e) = Q$, где Q – матрица положительно определена. Метод основан на применении теоремы Айткена.

В классе несмещенных оценок вектора A для обобщенной регрессионной модели оценка

$$\bar{A} = (X^T Q^{-1} X)^{-1} X^T Q^{-1} Y \quad (1)$$

имеет наименьшую матрицу ковариаций. Причем $Q = M(e^2)$, частный случай которого при $V(e) = \sigma^2 I$ и есть стандартный МНК.

Матрицы Q и Q^{-1} положительно определены и симметричны, поэтому существует такая невырожденная матрица $n \times n$ C , что $C^T T C = Q^{-1}$. Так как Q^{-1} симметрична, то существует матрица B такая, что $Q^{-1} = B^T D B$, где D – диагональная матрица, на главной диагонали которой стоят собственные числа $\lambda_i, i = 1, \dots, N$ матрицы Q^{-1} . В силу положительности Q^{-1} все собственные числа положительны, поэтому можно определить диагональную матрицу D_1 , на главной диагонали которой стоят $\sqrt{\lambda_i}, i = 1, \dots, n$. Далее в соотношении $XA + E = Y$ умножим левую и правую части на B , получим $B \cdot XA + BE = BY$ и, произведя замену переменных, окончательно получим

$$X_1 A + E_1 = Y_1$$



Причем $M(E1) = 0$, $V(E1) = I$ и ранг X_1 равен p , так как B невырождена. Поэтому для вновь полученной системы можно применить теорему Гаусса – Маркова

$$\begin{aligned} A^* &= (X_1^T X_1)^{-1} \cdot X_1^T \cdot Y_1 = ((XB)^T BX)^{-1} (XB)^T BY = \\ &= (X_1^T B^T BX_1)^{-1} X_1 B^T BY_1 = (X^T Q^{-1} X)^{-1} X^T Q^{-1} Y. \end{aligned} \quad (2)$$

Для применения этого метода необходимо знание матрицы оценок Q , что на практике невыполнимо. Для нахождения Q применим сначала стандартный метод наименьших квадратов и найдем остатки e . Далее диагональную матрицу Q получаем, присваивая ее диагональным элементам квадраты ошибок. И на втором этапе применяем полученные соотношения

$$A^* = (X^T Q^{-1} X)^{-1} X^T Q^{-1} Y \quad (3)$$

Предложено в качестве матрицы ковариаций использовать диагональную матрицу Q , элементам которой присваиваются квадраты ошибок элементов вектора E , вычисленные на основе МНК. Результаты моделирования показывают, что при применении этого метода, если порядок модели берется равным априорно известному расчетному значению, параметры модели определяются с погрешностями, не превышающими 2 %. Этот метод наиболее применим при экспресс-анализе параметров математической модели средств измерений, в частности датчиков механических величин.

Положительная сторона применения модифицированного рекурсивного метода заключается в том, что этот метод основан на использовании рекурсивного алгоритма с возможностью поиска параметров отклика.

Литература

1. Иосифов, В. П. Рекуррентная процедура МНК в задачах гидрогеологического моделирования / В. П. Иосифов // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 2007. – № 3. – С. 31–32.
2. Иосифов, В. П. Разработка методик обработки откликов с датчиков с короткой длительностью / М. А. Щербаков, В. П. Иосифов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2006. – № 6. – С. 245–252.
3. Иосифов, В. П. Разработка методов синтеза СИ с требуемыми динамическими характеристиками / В. П. Иосифов // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 2006. – № 12. – С. 21–23.
4. Иосифов, В. П. Обобщенный анализ математических моделей измерительных преобразователей в форме разностных уравнений / В. П. Иосифов // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 2006. – № 8. – С. 19–23.
5. Иосифов, В. П. Метод аппроксимации импульсных сигналов с короткой длительностью дробно-рациональными функциями / В. П. Иосифов // Датчики и системы. – 2002. – № 6. – С. 19–20.



Н.С. Карнаухов, А.Г. Капустин

СИНТЕЗ И АНАЛИЗ ОПТИМАЛЬНОГО ЗАКОНА ДИНАМИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ НАПРЯЖЕНИЯ СИСТЕМЫ ГЕНЕРИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

(Минский государственный высший авиационный колледж)

Анализ методов синтеза алгоритмов динамической коррекции показывает, что в системе автоматического регулирования (САР) напряжения полная компенсация ступенчатого изменения нагрузки будет связана с необходимостью применения корректирующих устройств с нереализуемыми аналоговыми средствами передаточными функциями. Поэтому в этом случае целесообразнее строить систему динамической коррекции, исходя не из приближенного выполнения условий инвариантности, а из условия получения оптимального переходного процесса [1,4].

За критерий оптимальности

$$Q = \int_0^{t_n} G[Y, U_K(t), F(t)] dt \quad (1)$$

который определяет цель управления, для САР напряжения может быть принят минимум длительности переходного процесса t_n [2,3].

Для реализации этого критерия разработана при обычных в этих случаях допущениях [3], система дифференциальных уравнений, описывающая бесконтактный синхронный генератор переменного тока с возбудителем как объект управления:

$$\begin{aligned} T_B \frac{dU_\Gamma}{dt} + U_\Gamma &= \frac{X_{ad}}{r_B} U_B - \left(X_d - i_d + X_d' T_B \frac{di_d}{dt} \right); \\ T_B \frac{dU_B}{dt} + U_B &= k_{BB} \cdot U_{BB}, \end{aligned} \quad (2)$$

где U_Γ – отклонение напряжения генератора от заданного значение; U_B, U_{BB} – напряжения на обмотке возбуждения генератора и возбудителя соответственно; T_B, T_{BB} – постоянные времени обмоток возбуждения генератора и возбудителя; $K_B = \frac{X_{ad}}{r_B}$, K_{BB} – коэффициенты усиления генератора и возбудителя; i_d – ток статора генератора по продольной оси; X_d – реактивное сопротивление обмотки статора по продольной оси; X_d' – переходное реактивное сопротивление обмотки статора по продольной оси.



Обозначив фазовые координаты системы, как $U_{\Gamma} = X^1$ и $\frac{dU_{\Gamma}}{dt} = X^2$, можно представить закон движения объекта под действием управления $U_{\kappa} = U_{\text{BB}}(t)$ в виде:

$$\begin{aligned} \dot{X}^1 &= X^2; \\ \dot{X}^2 &= -\frac{T_{\text{B}} + T_{\text{BB}}}{T_{\text{B}} \cdot T_{\text{BB}}} \cdot X^2 - \frac{1}{T_{\text{B}} \cdot T_{\text{BB}}} X^1 + \frac{K_{\text{B}} \cdot K_{\text{BB}}}{T_{\text{B}} \cdot T_{\text{BB}}} U_{\text{BB}}, \end{aligned} \quad (3)$$

при ограничениях на управление:

$$\begin{aligned} -U_{\text{BB}} &\leq U_{\text{BB}}(t) \leq U_{\text{ПВ}} - U_{\text{BB0}}; \\ -U_{m2} &\leq K_{\text{B}} \cdot K_{\text{BB}} \cdot U_{\text{BB}}(t) \leq U_{m1} \end{aligned} \quad (4)$$

где $U_{\text{ПВ}}$ – напряжения подвозбудителя, U_{BB0} – напряжение на обмотке возбуждения возбудителя, при котором $U_{\Gamma} = 0$.

Тогда оптимальное по быстродействию управление для рассматриваемого генератора будет содержать два интервала, на которых управление будет принимать значения U_{m1} и U_{m2} , а система дифференциальных уравнений (3) примет вид [1]:

$$\begin{aligned} \dot{X}^1 &= X^2, \\ \dot{X}^2 &= -\frac{a_1}{a_0} X^2 - \frac{a_2}{a_0} X^1 \pm \frac{1}{a_0} U_m; \end{aligned} \quad (5)$$

где $a_0 = T_{\text{B}} \cdot T_{\text{BB}}$; $a_1 = T_{\text{B}} + T_{\text{BB}}$; $a_2 = 1$.

Определим, решив систему уравнений (4), моменты φ_1 и φ_2 переключения сигнала управления $U_m(t)$, $U_m(t)$, при котором обеспечивается перевод объекта из начального состояния $X^1(0) = X_0$, $X^2(0) = X_0^2$ обусловленного действием возмущения, в конечное $X^1(T) = 0$, $X^2(T) = 0$ за минимальное время $T = \varphi_1 + \varphi_2$.

Для первого интервала уравнение имеет вид:

$$\begin{aligned} X^1(t) &= c_{11}e^{\lambda_1 t} + c_{12}e^{\lambda_2 t} + U_{m1}; \\ X^2(t) &= \lambda_1 c_{11}e^{\lambda_1 t} + \lambda_2 c_{12}e^{\lambda_2 t}. \end{aligned} \quad (6)$$

Для второго интервала:

$$\begin{aligned} X^1(t) &= c_{21}e^{\lambda_1 t} + c_{22}e^{\lambda_2 t} - U_{m2}; \\ X^2(t) &= \lambda_1 c_{21}e^{\lambda_1 t} + \lambda_2 c_{22}e^{\lambda_2 t}. \end{aligned} \quad (7)$$

В (6) и (7) c_{11} , c_{12} , c_{21} , c_{22} – постоянные интегрирования, а λ_1 , λ_2 – корни характеристического уравнения.

Для нахождения постоянных интегрирования и моментов переключения воспользуемся граничными условиями, а также уравнениями, указывающими, что при переключении управления состояние объекта мгновенно не изменяется:



$$\begin{aligned} X^1(\Phi - 0) &= X^1(\Phi + 0); \\ X^2(\Phi - 0) &= X^2(\Phi + 0); \\ X^1(0) &= X_0^1; X^2(0) = X_0^2; \\ X^1(T) &= 0; X^2(T) = 0. \end{aligned} \quad (8)$$

Тогда, учитывая (6), (7) и систему (8), исключив постоянные интегрирования $c_{11}, c_{12}, c_{21}, c_{22}$ получим систему уравнений для определения моментов переключения:

$$\begin{aligned} &\pi_2 \left[\left(X_0^1 - \frac{X_0^2}{\pi_2} - U_{m1} \right) e^{\pi_1 \Phi} + (U_{m1} + U_{m2}) \right] e^{\pi_1 \Phi_2} - \\ &- \pi_1 \left[\left(X_0^1 - \frac{X_0^2}{\pi_2} - U_{m1} \right) e^{\pi_2 \Phi} + (U_{m1} + U_{m2}) \right] e^{\pi_2 \Phi_2} - (\pi_2 - \pi_1) U_{m2} = 0; \\ &\left[\left(X_0^1 - \frac{X_0^2}{\pi_2} - U_{m1} \right) e^{\pi_1 \Phi} + (U_{m1} + U_{m2}) \right] e^{\pi_1 \Phi_2} - \\ &- \left[\left(X_0^1 - \frac{X_0^2}{\pi_2} - U_{m1} \right) e^{\pi_2 \Phi} + (U_{m1} + U_{m2}) \right] e^{\pi_2 \Phi_2}. \end{aligned} \quad (9)$$

В этом случае алгоритм динамической коррекции напряжения при коммутации j -го приемника электроэнергии может быть представлен в виде:

$$U_{kj}(t) = U_{m1}(t) - (U_{m1} + U_{m2})(t - \Phi_j) + (U_{m2} + U_{Hj})(t - \Phi_{2j}). \quad (10)$$

Моменты переключения оптимального управления определяются по системе трансцендентных уравнений (9). Моделирование зависимости оптимальных значений Φ , Φ_2 и $T = \Phi + \Phi_2$ от мощности коммутируемой нагрузки P для синхронного генератора мощностью 30 кВА было проведено в среде Simulink & MatLab при помощи элементов из библиотеки Simulink Library. На рисунке 1 представлены результаты моделирования данных зависимостей оптимальных значений. Как следует из приведенных данных, минимальная длительность переходного процесса при ступенчатом изменении нагрузки от холостого хода до номинального значения составит $(15-20) \cdot 10^{-3}$ с.

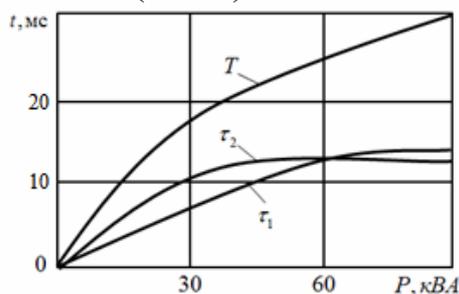


Рис. 1. Зависимости оптимальных значений Φ , Φ_2 и $T = \Phi + \Phi_2$ от мощности коммутируемой нагрузки



Проведенные экспериментальные исследования работы синхронного генератора в среде Simulink & MatLab при коммутациях нагрузки позволили оценить эффективность применения синтезированного оптимального закона коррекции (10). На рисунке 2 показаны графики переходных процессов при включении номинальной нагрузки:

- 1 – при оптимальном по быстродействию управлении,
- 2 – при использовании транзисторного регулятора напряжения,
- 3 – при использовании регулятора напряжения на магнитных усилителях,
- 4 – при $U_{BB} = \text{const}$.

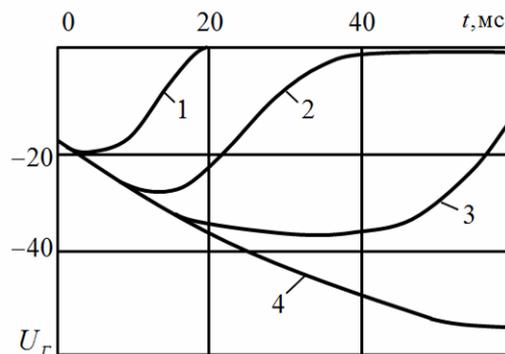


Рис. 2. Графики переходных процессов при включении номинальной нагрузки

Анализ полученных результатов показывает, что при оптимальной по быстродействию коррекции напряжения синхронного генератора обеспечивается минимально возможное значение динамической ошибки (на 25-40% меньше, чем в САР с современными регуляторами напряжения). При этом длительность переходного процесса уменьшается в 3-7 раз.

Литература

1. Капустин А.Г., Карнаухов Н.С. Исследование систем генерирования методом структурного моделирования. «Совершенствование обеспечения полетов авиации»: Тезисы докладов 3-й военно-научной конференции курсантов и молодых ученых/ ред. коллегия: Санько А. А., Савостеев С. А. и др. – Минск: МГВАК. 2013. 273с.
2. Карнаухов Н.С. Применение пакета Simulink & MatLab для исследования переходных процессов в автономной системе генерирования переменного тока «Актуальные вопросы науки и техники в сфере развития авиации»: Тезисы докладов 3-й международной научно-технической конференции. – Минск: Военная академия РБ. 2013. 215с.
3. Карнаухов Н.С. Исследование переходных процессов в автономной системе генерирования при действии конечных сигналов по цепям управления и нагрузки «Гражданская авиация XXI век»: Тезисы докладов IV Международной молодежной научной конференции. – Ульяновск: УВАУГА(И). 2013. 256с.



А.М. Кистанов

ДИАДИЧЕСКАЯ НУМЕРАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ СТРУКТУРЫ СЛОЖНОЙ СИСТЕМЫ

(Самарский государственный технический университет)

Введение

При построении сложных искусственных систем [1] необходимо решать задачу нумерации элементов структуры, от решения которой напрямую зависит жизненный цикл системы, возможность ее развития и совершенствования. Задача одинаково важна как для технических, так и для организационных [2] систем.

Изучая данную проблематику, автор обратился к основам числа, к его логической теории [3].

Диадический принцип построения

Создавая структуру, важно не только определить элементы и связи между ними, но следовать некоторому правилу. Рассмотрим диадический метод, описанным А.Ф. Лосевым: «Это диадическое начало... повторяется везде одинаково. ... Измерения пространства, оказывается, возникают последовательно одно из другого путем некоторой особой операции, связанной – в представлении Платона – с диадическим принципом. Тождество этих операций при переходе от точки к линии, от линии к прямой и от прямой к плоскости и есть платоновская пропорция в данном случае. Она, таким образом, далеко выходит за пределы как числовых, так и геометрических измеримых отношений, поскольку переход от одного пространственного измерения к другим не может совершиться ни от каких бы то ни было арифметических операций, ни от количественных пространственных. Переход от одного измерения пространства к другому есть переход качественный, если не прямо понятийный» [4 стр. 298].

И у Платона, и у пифагорейцев, и у неоплатоников диада ... есть принцип становления [4 стр. 299].

Под нумерацией в рамках настоящей статьи мы понимаем присвоение номеров элементам сложной системы (как субъектам, так и объектам), технологическим процессам, подсистемам, результатам деятельности. Нумерация относится также к структуре информационного взаимодействия между нумерованными элементами и множествами. Нумерация эффективна в том случае, если обеспечивает максимально быструю реакцию на изменения окружающей среды.

Термин «структура» в данной статье имеет множественное значение. Мы рассматриваем структуру организационной системы, информационную структуру, структуру эксплуатируемых систем. Термин «структура» имеет и чисто математическое определение [5], которое мы используем для построения моделей, как основного средства [2] исследования реальных организационных сис-



тем. Когда речь идет исключительно о математической структуре, будем использовать термин «решетка».

Механистический и диалектический подход к понятию числа

Все сказанное выше требует внимательного и глубокого подхода к проблеме нумерации. Число, являясь «первопринципом самого различия» [3 с. 131], играет здесь определяющую роль. Понятие и определение числа менялись на протяжении всей истории науки и отражали существующие в каждое время тенденции. Так Лейбниц отмечал: «Число я определяю так: единица + единица + единица и т.д., т.е. совокупность единиц» [6].

Совершенно иной подход изложен в работах А.Ф. Лосева: «В нем (числе) тоже должна быть какая-то собственная и специфическая реальность, независимая от нашего сознания и мышления, какая-то материя, существующая сама по себе и не создаваемая никакими субъективными актами, какой-то принцип объективности всех свойств числа, которые найдет в нем последующий анализ, какой-то до-мыслимый, вне-мыслимый носитель всех свойств числа, всей истории числа, всей многообразной структуры его, какой-то до-структурный, до-рефлексивный, а, стало быть, и пока еще не расчлененный в себе акт, первичное полагание, само бытие числа, в котором совпадут потом все признаки, все свойства, все функции числа, находимые в нем нами на путях расчленяющего мышления. ... Понятие любого числа само по себе не состоит из данного количества единиц, но есть нечто абсолютно простое и неразложимое» [3, стр. 100, 102].

В этих высказываниях совершенно противоположные взгляды на природу числа. Определение Лейбница отражает господствующий в то время механицизм. Его число – это формальное соединение единиц. У Лосева число – объективная реальность, не сводимая к механическому соединению.

Структура и нумерация элементов системы

Говоря о нумерации элементов решеток, приведем несколько цитат А.Ф. Лосева. «... Имя вещи есть сила самой вещи. Поэтому я прямо утверждаю, что имя неотделимо от вещи, что оно есть оформление самой вещи в ее объективном существовании». [7 стр. 27]. «Гут-то мы и подходим к вскрытию природы имени. Ибо это мышление, восприятие, ощущение, чувство и т.д. вещей только и возможно при помощи их имен, через эти имена» [7, стр. 43].

В случае с решетками мы можем сопоставить термину «вещь» термин «решетка», или «элемент решетки». Термину «имя» – «обозначение (нумерация) элементов решетки».

Структура и обозначение элементов структуры должны органично составлять единое целое. На практике такое встречается не всегда. Чаще всего элементы сопоставляются натуральному ряду чисел либо им присваиваются семантически осмысленные имена.

Если же следовать диалектическому принципу построения структуры и нумеровать элементы в соответствии с техникой построения, то такая структура начинает обладать свойствами, которые ранее у нее не проявлялись, т.е. возни-



кают интегративные свойства, отсутствующие у структуры как простого объединения элементов и связей.

Рассмотрим изображенную на рисунке 1 решетку слов m -буквенного алфавита, длиной не более n символов $L(m,n)=L(2,3)$. Элементы упорядочены отношением включения. На рисунке слева элементы решетки пронумерованы последовательно (снизу вверх и слева направо) натуральными числами. На рисунке справа используется диадический принцип нумерации с учетом отношений наглядности [1]. В данном случае при увеличении размерности пространства добавляется один разряд к последовательности символов нумерации, если размер размерность пространства не увеличивается, то увеличивается значение соответствующего разряда.

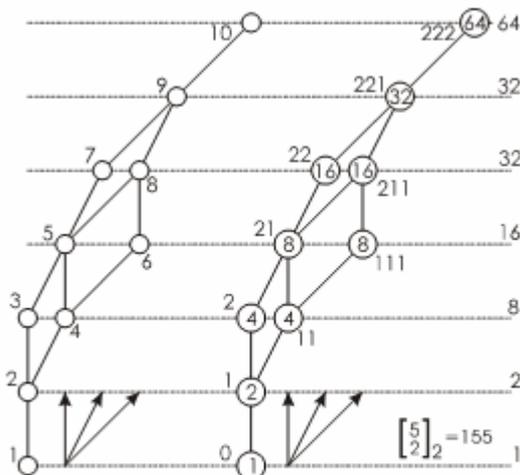


Рис. 1. Линейная (слева) и диадическая (справа) нумерация элементов решетки $L(2,3)$.

Применим формальное правило. Возведем $q=2$ в степень суммы элементов обозначения и поместим полученные величины в узлы решетки. Например, $22+1=8$ или $21+1+1=8$. Если теперь подсчитать сумму значений узлов решетки для всех уровней, то получим q -биномиальный коэффициент Гаусса [oeis A006095], который обычно вычисляется по рекуррентной формуле $\begin{bmatrix} n-1 \\ m-1 \end{bmatrix}_q = \frac{q^n - 1}{q^m - 1} \cdot \begin{bmatrix} n \\ m \end{bmatrix}_q$. В данном случае

$$\begin{bmatrix} 5 \\ 2 \end{bmatrix}_2 = 155. \text{ Суммы вершин одного уровня со-}$$

ответствуют коэффициентам $(1,1,2,2,2,1,1)$ Гауссова полинома.

Чтобы показать динамику развития нумерации, построим на рисунке 2 решетку $L(2,4)$, где используем уже 4-х мерное пространство. Суммы вершин одного уровня соответствуют коэффициентам $(1,1,2,2,2,1,1)$ Гауссова полинома.

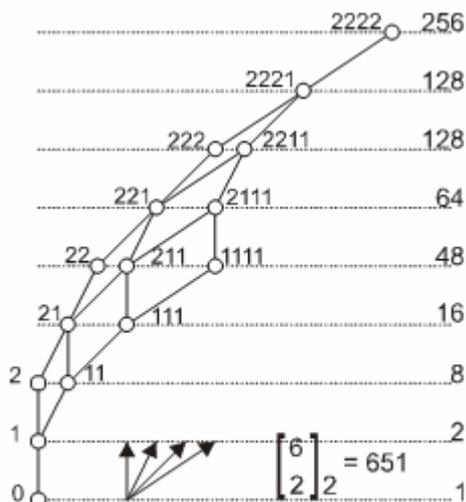


Рис. 2. Решетка $L(4,2)$

Нетрудно заметить, что $L(4,2) \supset L(3,2)$. Здесь $\begin{bmatrix} 6 \\ 2 \end{bmatrix}_2 = 651$. Заметим, что обозначение элемента однозначно определяет место его нахождения на решетке, что сокращает и упрощает вычислительные процедуры, поскольку «именовать значит точно и резко отличать именуемое от всего прочего» [7, стр. 45]. Для линейной нумерации определить место элемента в решетке по его номеру, без каких-либо дополнительных таблиц соответствия, невозможно. По большей части практически так и делается. К любому номеру ставятся в соответствие так называемые классификаторы. Указанный пример убедительно по-



казывает, что если нумерация соответствует структуре нумеруемых элементов, то возникает интегративное свойство структуры. Структура и нумерация становятся единым целым. В противном случае, они две независимые самостоятельные сущности.

Итак, можно с полным основанием согласиться, что «...имя вещи – по преимуществу есть орудие общения с нею» [7, стр. 44]. Говоря словами О. Шпенглера, «именами и числами человеческое понимание приобретает власть над миром» [8].

Заключение

В статье рассмотрен диадический принцип нумерации элементов структур, во многом основанный на работах А.Ф. Лосева.

На примере показан процесс возникновения интегративных свойств структуры, построенной по диадическому принципу.

Перечислены некоторые проблемы и задачи организационных систем, связанные с нумерацией.

Изучая их опыт, можно сделать вывод, что задача нумерации не единична, и является актуальной и для других сложных систем с учетом их специфических задач. Упрощенный подход к задаче нумерации затрудняет эффективное использование имеющихся ресурсов и возможностей, приводит к неоправданной трате средств.

Для большинства сложных систем необходимо оперативно, часто в реальном времени, реагировать на требования, выдвигаемые рынком, постоянно предлагать новые услуги и новое качество обслуживания.

Поскольку «ожидания в социуме неопределенны» [9], то система должна иметь возможность реагировать на изменения. Диадический принцип нумерации в числе других методов построения систем призван реализовать эту возможность.

Литература

- 1 Кистанов, А.М. [Текст]: Наглядный комбинаторный анализ информационных систем. Теория, практика и числовые основания/ С.П. Орлов – LAP LAMBERT Academic Publishing. - 2013. – 284 с.
- 2 Бурков, В.Н. [Текст]: Введение в теорию управления организационными системами / Под ред.чл.-корр. РАН Д.А. Новикова/ Коргин Н.А., Новиков Д.А. – М.: Либроком, 2009. – 264 с.
- 3 Лосев, А.Ф. [Текст]: Логическая теория числа // Вопросы философии, 1994, № 11. - С. 82-140.
- 4 Лосев, А.Ф. [Текст]:История античной эстетики. Ранняя классика/ М.: ООО «Издательство АСТ», 2000. – 621 с.
- 5 Бурбаки, Н. [Текст]:Очерки по истории математики. — М., Изд-во Ин. лит., 1963. с. 245—259 (перевод с фр. Д.Н. Ленского; первоначально напечатан в сб. «Математическое просвещение», Вып. 5, 1960, с. 99—112.



6 Лейбниц, Г.-В. [Текст]: Сочинения в четырех томах: Т.1./ Ред. и сост., авт. вступит. статьи и примеч. В.В. Соколов; перевод Я.М. Боровского и др. - М.: Мысль, 1982. – 636 с.

7 Лосев, А.Ф. [Текст]: Вещь и имя. Самое само. – СПб.: «Издательство Олега Абышко», 2008, 576 с.

8 Шпенглер, О. [Текст]: Закат Европы. Очерки морфологии мировой истории: Гештальт и действительность. М.: Эксмо, 2006.-800 с.

9 Виттих, В.А. [Текст]: Парадигма ограниченной рациональности принятия решений – 1.- Вестник Самарского государственного технического ун-та (Серия «Технические науки»), №3(25), 2009, с.22-31.

А.Ю. Козлов, Р.А. Стройков

АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕРВАЛЬНО- ПЕРЕХОДНЫХ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ПРИ ФУНКЦИОНИРОВАНИИ ЭЛЕМЕНТОВ БОЕВОЙ СИСТЕМЫ

(Пензенский государственный университет, г. Пенза,
3 ЦНИИ МО РФ, г. Москва)

Решение задачи определения интервально-переходных вероятностей при функционировании элементов боевой системы (БС) основано на решении систем линейных интегральных уравнений на каждом временном шаге функционирования элемента боевой системы [1]:

$$P_{ij}(t) = (1 - F_i(t))\delta_{ij} + \sum_{n=1}^K p_{in} \int_0^t f_{in}(\tau) P_{nj}(t - \tau) d\tau, \quad (1)$$

где δ_{ij} - символ Кронекера;

$F_i(t)$ - безусловная функция распределения времени пребывания полумаркововского процесса (ПМП) в состоянии i ;

K - число состояний элемента БС;

p_{in} - установившееся значение переходной вероятности из состояния i в направлении n ;

$f_{in}(\tau)$ - функция плотности вероятности времени пребывания элемента в состоянии i в направлении n .

Для отыскания приближенного решения предлагается применить итерационные методы, сформулировав задачу в виде оптимизационной.

В связи с этим сформулируем следующую оптимизационную задачу условной нелинейной минимизации, решаемую в каждый момент времени t функционирования элемента БС:

$$\min_{P(t)} f(P(t)) = \frac{\|d\|_e}{K^2}, \quad (2)$$



$$\begin{cases} c_1(P(t)) = \sum_{j=1}^K P_{1j}(t) - 1, \\ c_2(P(t)) = \sum_{j=1}^K P_{2j}(t) - 1, \\ \dots \\ c_K(P(t)) = \sum_{j=1}^K P_{Kj}(t) - 1. \end{cases} \quad (3)$$

где $\|d\|_e = \sqrt{\sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^K \left| P_{ij}(t) - V_i(t) - \sum_{n=1}^K p_{in} \int_0^t f_{in}(\tau) P_{nj}(t-\tau) d\tau \right|^2}$ - Евклидова норма матрицы.

Как видно из ограничений (3), они имеют тип строгих равенств.

В качестве начального приближения решения оптимизационной задачи при $t=0$ принимается единичная матрица порядка K :

$$P(0)^{(0)} = E. \quad (4)$$

В качестве начального приближения при $t>0$ принимается квадратная матрица интервально-переходных вероятностей, полученная на предыдущем временном шаге:

$$P(t)^{(0)} = P(t - \Delta t). \quad (5)$$

Задача считается решенной при выполнении следующих условий:

$$\begin{cases} \|P(t)^{(k)} - P(t)^{(k-1)}\| \leq \varepsilon_1, \\ \|f(P(t))^{(k)} - f(P(t))^{(k-1)}\| \leq \varepsilon_2, \\ \|c(P(t))^{(k)} - c(P(t))^{(k-1)}\| \leq \varepsilon_3, \end{cases} \quad (6)$$

где $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ - наперед заданная точность вычислений.

Для решения задачи (2) с ограничениями в виде равенств (3) и начальными условиями (4), (5) предлагается использовать метод Последовательного квадратичного программирования (SQP). SQP метод является одним из самых современных методов в области нелинейного программирования [2].

Реализация метода SQP состоит из трех основных стадий:

1. Корректировка матрицы Гессе для Лагранжевой функции.
2. Решение задачи квадратичного программирования.
3. Вычисление линейного поиска и функции выгоды.

Для решения задачи оптимизационной задачи используем функцию Matlab `fmincon`, реализованную на основе метода SQP [3].

В таблице представлены принятые параметры функции `fmincon` для решения обозначенной задачи оптимизации.

В целях оперативного прогнозирования состояний элементов БС для включения их в сетевые структуры на основе ретроспективной информации об условных временах нахождения элементов в состояниях, разработан алгоритм определения интервально-переходных вероятностей за заданный период времени. Алгоритм основан на методе условной нелинейной минимизации функций SQP, который используется в процессе итерационного решения системы



линейных интегральных уравнений, описывающих ПМП функционирования элемента боевой системы (рисунок).

Таблица

Параметры функции fmincon

| Параметр | Описание параметра | Значение параметра |
|--------------------|---|--------------------|
| Algorithm | Алгоритм, используемый для решения оптимизационной задачи | 'active-set' |
| Display | Уровень отображения. 'off' отображение не производится, 'iter' отображение проводится на каждой итерации, 'final' (принимается по умолчанию) отображение только конечной информации | 'off' |
| MaxFunEvals | Максимально число допустимых расчетов функции | 6000 |
| MaxIter | Максимально число допустимых итераций | 1500 |
| TolFun | Конечное допустимое отклонение по значению функции (ε_2) | 10^{-4} |
| TolCon | Конечное допустимое отклонение по нарушению условий ограничения (ε_3) | 10^{-4} |
| TolX | Конечное допустимое отклонение по значению x (ε_1) | 10^{-6} |

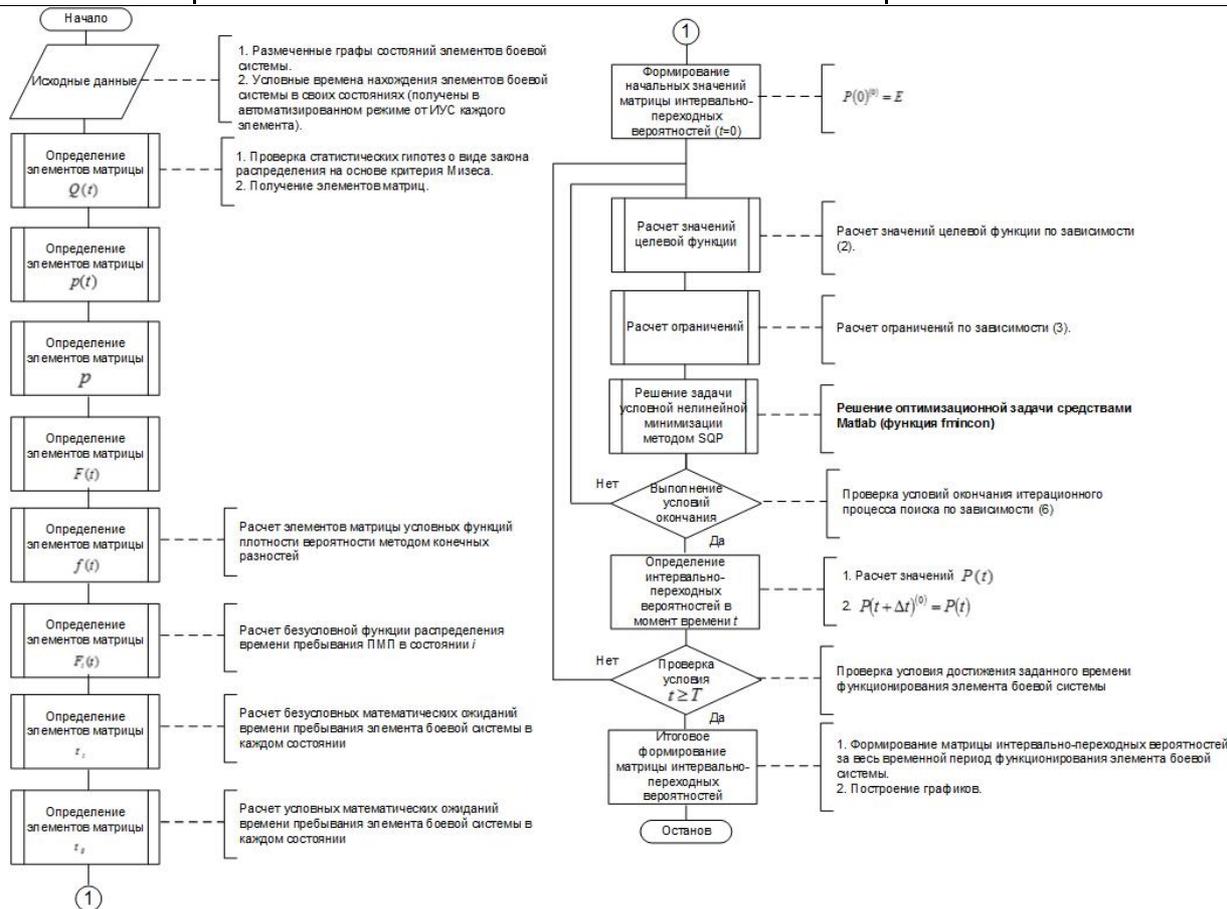


Рис. 1 Блок-схема алгоритма определения интервально-переходных вероятностей элемента БС



В алгоритме в качестве исходных данных используются условные времена нахождения элементов БС в своих состояниях, полученные в результате функционирования информационно-управляющей системы (ИУС) каждого элемента. В качестве численного метода используется метод SQP, позволяющий получить на каждом временном шаге матрицу интервально-переходных вероятностей.

Работа алгоритма представляет собой итерационную процедуру нахождения матриц интервально-переходных вероятностей в заданном диапазоне времени функционирования элемента.

Разработанный алгоритм позволяет получить значения интервально-переходных вероятностей как функций времени элементов БС для последующего прогнозирования поведения элементов. Алгоритм программно реализован в Matlab, что дает возможность применить его в специальном программном обеспечении комплексов средств автоматизации управления организационно-технических систем специального назначения.

Литература

1. Адерихин, И. В. Алгоритм оценивания и исследования готовности системы управления судном морского транспорта [Текст] / И. В. Адерихин, М. Г. Воротынцева / Вестник АГТУ. – 2005. – № 2(25). – С. 194–198. - ISSN 1812–9498.
2. Трифонов, А. Г. Оптимизация при наличии ограничений [Текст] / А. Г. Трифонов. - http://matlab.exponenta.ru/optimiz/book_1/15.php.
3. Кетков, Ю. Л. MATLAB 7: программирование, численные методы [Текст] / Ю. Л. Кетков, А. Ю. Кетков, М. М. Шульц. - Спб.: БХВ-Петербург, 2005. - 752 с. - ISBN 5-94157-347-2.

А.Ю. Козлов, Р.А. Стройков

ПОЛУМАРКОВСКАЯ МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТА ПОДСИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БОЕВОЙ СИСТЕМЫ

(Пензенский государственный университет, г. Пенза,
3 ЦНИИ МО РФ, г. Москва)

Для решения задачи моделирования функционирования элемента подсистемы обеспечения (ЭПО) боевой системы (БС), в роли которого может выступать грузовой автомобиль, предназначенный для обеспечения необходимыми ресурсами элементов подсистемы поражения, наиболее адекватным является такое представление полумарковского процесса (ПМП), когда фазовый портрет исследуемого процесса функционирования элемента задан графом состояний $G(P, Q)$ (рисунок), возможными переходами $\{i, j\}$, матрицей независимых функций распределения времени пребывания элемента в i -м состоянии перед пере-



ходом в j -е состояние $Q(t) = \|Q_{ij}(t)\|$, т.е. таких функций, которые имели бы место, если бы данный переход из состояния i был единственным, начальным состоянием процесса в момент времени $t=0$.

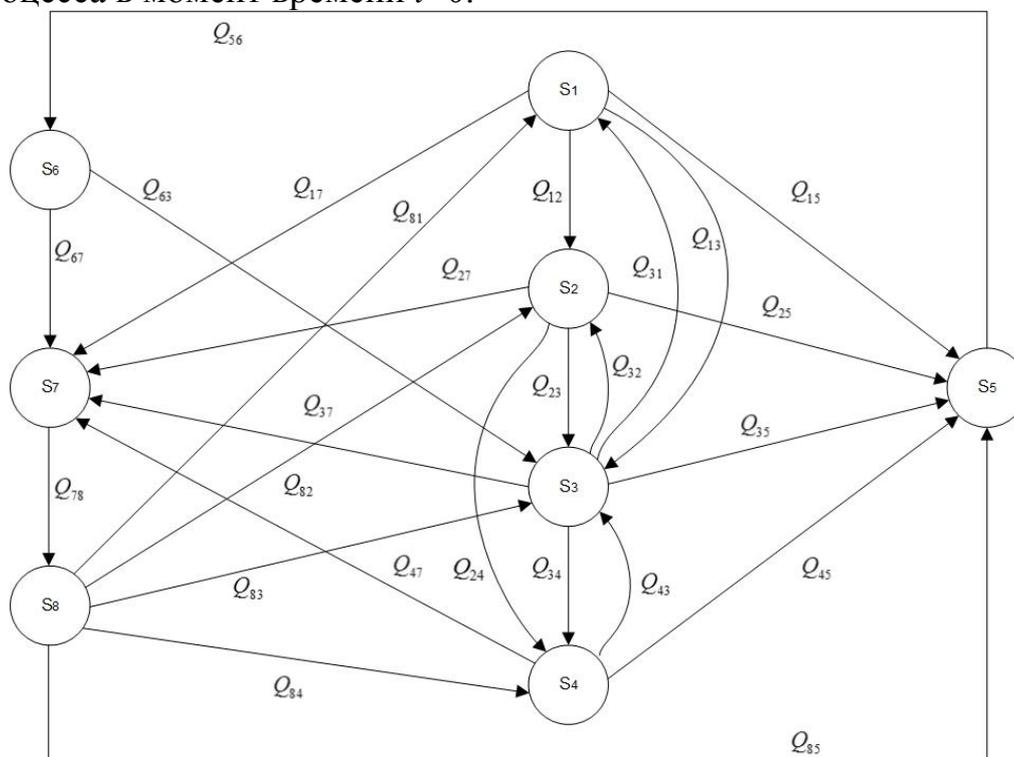


Рис. 1 Граф $G(P, Q)$ состояний ЭПО

Состояния ЭПО могут быть следующими:

- S_1 - ЭПО находится в состоянии дообеспечения ресурсом;
- S_2 - ЭПО находится в состоянии готовности к функционированию;
- S_3 - ЭПО осуществляет перемещение;
- S_4 - ЭПО выполняет функцию обеспечения ресурсом;
- S_5 - ЭПО обнаружен противником;
- S_6 - ЭПО находится под воздействием противника;
- S_7 - ЭПО находится в нефункционирующем состоянии (повреждено);
- S_8 - ЭПО находится в состоянии восстановления.

При определении состояний ЭПО БС следует также определить независимые функции $Q_{ij}(t)$. Аналитический вид независимых функций распределения можно определить статистическим путем, на основе выдвижения и проверки статистических гипотез о видах законов распределений [1]. Проверяются гипотезы о следующих распределениях: показательном, нормальном, равномерном, логнормальном.

В итоге для рассматриваемого графа получим матрицу функций $Q_{ij}(t)$:



$$Q(t) = \begin{pmatrix} 0 & Q_{12}(t) & Q_{13}(t) & 0 & Q_{15}(t) & 0 & Q_{17}(t) & 0 \\ 0 & 0 & Q_{23}(t) & Q_{24}(t) & Q_{25}(t) & 0 & Q_{27}(t) & 0 \\ Q_{31}(t) & Q_{32}(t) & 0 & Q_{34}(t) & Q_{35}(t) & 0 & Q_{37}(t) & 0 \\ 0 & 0 & Q_{43}(t) & 0 & Q_{45}(t) & 0 & Q_{47}(t) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & Q_{56}(t) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & Q_{63}(t) & 0 & 0 & 0 & Q_{67}(t) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & Q_{78}(t) \\ Q_{81}(t) & Q_{82}(t) & Q_{83}(t) & Q_{84}(t) & Q_{85}(t) & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Тогда при наличии смежных состояний вероятность перехода $p_{ij}(t)$ из состояния i в состояние j вычисляется по формулам:

$$p_{ij}(t) = \int_0^t \prod_{k \neq j} (1 - Q_{ik}(t)) dQ_{ij}(t), \quad (2)$$

где $\prod_{k \neq j} (1 - Q_{ik}(t))$ - вероятность невыхода из i -го состояния за время t по направлению $k \neq j$;

$dQ_{ij}(t)$ - вероятность перехода по направлению j в окрестности t .

Для представленного графа матрица нестационарных вероятностей перехода будет иметь вид:

$$p(t) = \begin{pmatrix} 0 & p_{12}(t) & p_{13}(t) & 0 & p_{15}(t) & 0 & p_{17}(t) & 0 \\ 0 & 0 & p_{23}(t) & p_{24}(t) & p_{25}(t) & 0 & p_{27}(t) & 0 \\ p_{31}(t) & p_{32}(t) & 0 & p_{34}(t) & p_{35}(t) & 0 & p_{37}(t) & 0 \\ 0 & 0 & p_{43}(t) & 0 & p_{45}(t) & 0 & p_{47}(t) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & p_{56}(t) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & p_{63}(t) & 0 & 0 & 0 & p_{67}(t) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & p_{78}(t) \\ p_{81}(t) & p_{82}(t) & p_{83}(t) & p_{84}(t) & p_{85}(t) & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Установившееся (стационарное) значение переходной вероятности p_{ij} получим из выражения:

$$p_{ij} = p_{ij}(t \rightarrow \infty) = \lim_{t \rightarrow \infty} p_{ij}(t) = \int_0^{\infty} p_{ij}(t) dt = \int_0^{\infty} \prod_{k \neq j} (1 - Q_{ik}(t)) dQ_{ij}(t). \quad (4)$$

Полученная матрица стационарных значений переходных вероятностей имеет вид:



$$p = \begin{pmatrix} 0 & p_{12} & p_{13} & 0 & p_{15} & 0 & p_{17} & 0 \\ 0 & 0 & p_{23} & p_{24} & p_{25} & 0 & p_{27} & 0 \\ p_{31} & p_{32} & 0 & p_{34} & p_{35} & 0 & p_{37} & 0 \\ 0 & 0 & p_{43} & 0 & p_{45} & 0 & p_{47} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & p_{56} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & p_{63} & 0 & 0 & 0 & p_{67} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & p_{78} \\ p_{81} & p_{82} & p_{83} & p_{84} & p_{85} & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}. \quad (5)$$

Вероятность (2) есть вероятность сложного события: p_{ij} - перехода в состояние j и $F_{ij}(t)$ - пребывания в i -м состоянии в течение времени t , т.е. $p_{ij}(t) = p_{ij}F_{ij}(t)$, откуда можно определить условную функцию распределения времени ожидания перехода

$$F_{ij}(t) = \frac{p_{ij}(t)}{p_{ij}}. \quad (6)$$

В итоге получим следующую матрицу:

$$F(t) = \begin{pmatrix} 0 & F_{12}(t) & F_{13}(t) & 0 & F_{15}(t) & 0 & F_{17}(t) & 0 \\ 0 & 0 & F_{23}(t) & F_{24}(t) & F_{25}(t) & 0 & F_{27}(t) & 0 \\ F_{31}(t) & F_{32}(t) & 0 & F_{34}(t) & F_{35}(t) & 0 & F_{37}(t) & 0 \\ 0 & 0 & F_{43}(t) & 0 & F_{45}(t) & 0 & F_{47}(t) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & F_{56}(t) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & F_{63}(t) & 0 & 0 & 0 & F_{67}(t) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & F_{78}(t) \\ F_{81}(t) & F_{82}(t) & F_{83}(t) & F_{84}(t) & F_{85}(t) & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}. \quad (7)$$

Следовательно, исходная матрица независимых функций распределения времени ожидания переходов $Q(t)$ трансформируется в две матрицы: переходную матрицу $p = \|dQ_{ij}(t)\|$, $i, j = 1, \dots, k$, и матрицу условных функций распределения времени ожидания перехода $F(t) = \|F_{ij}(t)\|$, $i, j = 1, \dots, k$, определяющих функционирование полумарковской модели ЭПО.

Интервально-переходную вероятность определим как вероятность $P_{ij}(t)$ того, что в момент времени t ЭПО находится в состоянии j , если в момент $t=0$ он был в состоянии i . Элемент, выйдя из состояния i , может попасть в состояние j в момент времени t разными путями. Во-первых, если $i=j$, то он может не покидать состояния в течение промежутка времени, или, выйдя из состояния i , он все-таки возвращается в состояние i к моменту времени t . Во-вторых, ЭПО может попасть в произвольное состояние j , занимая в момент времени τ некоторое промежуточное состояние n . Вероятности этих двух взаимно исключающих возможностей должны суммироваться [3]. Следовательно, получаем уравнение для вероятности $P_{ij}(t)$:



$$P_{ij}(t) = V_i(t) + \sum_{n=1}^k p_{in} \int_0^t f_{in}(\tau) P_{nj}(t-\tau) d\tau, \quad (8)$$

где $f_{in}(\tau)$ - функция плотности вероятности времени пребывания ЭПО в состоянии i в направлении n .

Первый член в (8) $V_i(t)$ - вероятность того, что ЭПО не покинет состояние i в момент времени t

$$V_i(t) = \delta_{ij} \prod_j (1 - Q_{ij}(t)), \quad (9)$$

где $\delta_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{при } i = j, \\ 0, & \text{при } i \neq j, \end{cases}$ - символ Кронекера.

Второй член выражения (8) - вероятность последовательных событий, когда ЭПО совершает переход из состояния i в состояние n к моменту τ и затем переходит из состояния n в состояние j за оставшееся время $(t - \tau)$. Вероятности частных переходов суммируются по всем промежуточным состояниям n , в которые возможны переходы из начального состояния i , и интегрируются по возможному времени перехода τ между 0 и t .

Система линейных интегральных уравнений (8) является основной. Она позволяет получать выражения для вероятностей состояний исследуемого процесса, в частности, и для показателей функционирования ЭПО БС через основные характеристики полумарковского процесса.

Кроме вероятностных параметров полумарковская модель позволяет определить временные параметры: безусловные математические ожидания времени пребывания ЭПО в каждом состоянии, условные математические ожидания времени пребывания ЭПО в состоянии.

Таким образом, представленная полумарковская модель функционирования ЭПО БС может использоваться при оценивании готовности ЭПО к включению в сеть средств обеспечения в рамках концепции «сетевцентрической войны».

Литература

1. Адерихин, И. В. Алгоритм оценивания и исследования готовности системы управления судном морского транспорта [Текст] / И. В. Адерихин, М. Г. Воротынцева / Вестник АГТУ. – 2005. – № 2(25). – С. 194–198. - ISSN 1812–9498.
2. Мхитарян, В. С. Теория вероятностей и математическая статистика [Текст]: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / В. С. Мхитарян, В. Ф. Шишов, А. Ю. Козлов. - М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 416 с. – (Сер. Бакалавриат) – 1000 экз. - ISBN 978-5-7695-8147-2.
3. Королюк, В. С. Полумарковские процессы и их приложения [Текст] / В.С. Королюк, А. Ф. Турбин. – Киев: Наукова думка, 1976. – 184 с.



А.П. Котенко, М.С. Бобков, Ю.Д. Ревина

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ КОНЕЧНЫМ АВТОМАТОМ ПРИ НЕОРДИНАРНОСТИ ПОТОКОВ ЗАЯВОК

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

В развитие метода описания системы массово обслуживания (СМО) с помощью конечных автоматов [1,2,3,4,5] рассмотрим случай неординарных потоков входящих и обслуженных заявок. Подобные неклассические СМО встречаются при описании систем с заявками, приходящими одновременно (например, состав из железнодорожных вагонов) или с неразличимым временем прихода (к примеру, запросы к DNS-серверу).

Проиллюстрируем универсальность предложенной методики [2,3,5] моделирования СМО конечными автоматами в этом случае. Рассмотрим систему с двумя различимыми каналами (имеющими, к примеру, разную пропускную способность) и отдельные очереди на одну ожидающую заявку. Тогда алфавит

A для описания состояний автомата K имеет следующие буквы:

- 0000 – оба канала и обе очереди каналов пусты (простой СМО);
- 1000 – I канал обслуживает заявку, II канал и обе очереди пусты;
- 1100 – I канал и его очередь заняты, II канал и его очередь пусты;
- 1010 – оба канала заняты, обе очереди пусты;
- 0010 – II канал обслуживает заявку, I канал и обе очереди пусты;
- 0011 – II канал и его очередь заняты, I канал и его очередь пусты;
- 1110 – I канал и его очередь заняты, II канал занят, а его очередь пуста;
- 1011 – II канал и его очередь заняты, I канал занят, а его очередь пуста;
- 1111 – оба канала и их очереди заняты (отказ СМО принять очередную заявку).

Оставшиеся 7 состояний размещения 1 или 0 на одной из четырёх позиций невозможны (например, состояние 0101 невозможно, так как означает простой каналов в то время, как в их очередях имеются ожидающие обслуживания заявки).

Предположим, что заявки входного потока могут появляться как поодиночке, так и попарно. Симметрично предположим, что обслуживающие каналы независимо друг от друга могут заканчивать обслуживание соответствующей заявки одновременно. Тогда алфавит B сигналов, поступающих на вход автомата K , будет состоять из следующих букв:

- 000 – на вход системы за очередной такт времени не поступило новой заявки;
- 001 – пришла заявка, претендующая на обработку I каналом;
- 010 – пришла заявка, претендующая на обработку II каналом;
- 011 – одновременно пришли две заявки, которые могут быть обслужены любым из двух каналов;
- 100 – I канал закончил обработку очередной заявки;
- 101 – II канал закончил обработку очередной заявки;



110 – оба канала одновременно закончили обработку занимавших их заявок.

Будем считать, что одновременно не могут поступить две заявки, претендующие на обслуживание одним каналом. Так будет, к примеру, если заявки не различают каналы обслуживания, хотя подчиняются диспетчеру [1,2,3].

Тогда можно представить таблицу переходов T автомата K матрицей с 9 строками для описания алфавита состояний A и 7 столбцами для описания алфавита входных сигналов B . Дополнив таблицу T до 16×8 -матрицы T_1 , представим с помощью четырёх булевых функций $s_1(n+1)$, $s_2(n+1)$, $s_3(n+1)$, $s_4(n+1)$ функции перехода автомата K в следующее состояние

$$S(n+1)=(s_1(n+1),s_2(n+1),s_3(n+1),s_4(n+1))$$

из предыдущего состояния

$$S(n)=(s_1(n),s_2(n),s_3(n),s_4(n))$$

под действием сигнала $a(n)=(a_1(n),a_2(n),a_3(n))$.

Наличие недопустимых сочетаний состояния $S(n)$ и сигнала $a(n)$ позволяет ставить задачу составления оптимального по тому или иному критерию автомата K , изоморфно представляющего данную СМО. В качестве критериев оптимизации можно рассматривать как минимизацию числа элементарных переключателей, так и ускорение времени расчёта одного такта работы системы. Применение треугольного метода построения многочлена Жегалкина для представления соответствующей булевой функции позволяет в автоматизированном режиме перебирать допустимые многочлены с помощью разработанного программного обеспечения [4,5].

Громоздкость представления соответствующих булевых функций окупается простотой программирования их составления и получением статистически значимых оценок предельных вероятностей состояний СМО с помощью вычислительной техники [4,5].

Литература

1. Котенко А.П., Букаренко М.Б. Аналитическое описание систем массового обслуживания с использованием колец вычетов / «Математическое моделирование и краевые задачи». Труды VII Всероссийской научной конференции. Ч.2. – Самара, Изд-во СамГТУ, 2010. – С. 136-139.
2. Котенко А.П., Букаренко М.Б. Система массового обслуживания с различимыми каналами как конечный автомат / «Математическое моделирование и краевые задачи». Труды VIII Всероссийской научной конференции. Ч.2. – Самара, Изд-во СамГТУ, 2011. – С. 178-180.
3. Котенко А.П., Букаренко М.Б. Система массового обслуживания с различимыми каналами как конечный автомат / Вестник СамГТУ Серия «Физ.-мат. науки», №3(28). – Самара, Изд-во СамГТУ, 2012. – С. 114-124.
4. Котенко А.П., Букаренко М.Б. Комплекс программ имитационного моделирования работы системы массового обслуживания с неоднородными приборами и отдельными накопителями / Вестник СамГТУ Серия «Физ.-мат. науки», №2(31). – Самара, Изд-во СамГТУ, 2013. – С. 50-57.



5. Котенко А.П., Букаренко М.Б. Моделирование конечными автоматами систем массового обслуживания с различными каналами / Известия СНЦ РАН, т.16, №4(2). – Самара, Изд-во СНЦ РАН, 2014. – С. 318-321.

А.П. Котенко, Е.А. Шарапова, П.М. Бенгина

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ РЕГРЕССИОННЫХ УРАВНЕНИЙ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Рассматривается задача многокритериальной оптимизации технологического процесса с конфликтующими критериями. При этом связи, вызывающие влияние исходных параметров сырья на целевые характеристики продукции, имеют стохастическую природу. Подобные технологии характерны, например, для нефтепереработки, когда сырьё поступает с разных месторождений и имеет значительный разброс характеристик. Определение выходных параметров продукции может исследоваться статистически, однако идентификация параметров соответствующих регрессионных уравнений не даёт ответа на вопрос: как подобрать управляющие технологические факторы, чтобы гарантировать попадание конфликтующих целевых критериев в заданную стандартами область?

Кроме того, необходимо выбрать среди допустимых параметров такой набор, который обеспечивал бы экономически оптимальные результаты.

Приведём математическую постановку задачи.

Идентифицируем параметры (структурные коэффициенты) системы $AU=BX$ линейных взаимозависимых регрессионных уравнений (структурная форма модели – СФМ), которую представим в виде

$$\begin{cases} y_1 = a_{12}y_2 + a_{13}y_3 + a_{14}y_4 + \dots + a_{1,k-1}y_{k-1} + a_{1k}y_k + b_{11}x_1 + b_{12}x_2 + \dots + b_{1n}x_n + \varepsilon_1, \\ y_2 = a_{21}y_1 + a_{23}y_3 + a_{24}y_4 + \dots + a_{2,k-1}y_{k-1} + a_{2k}y_k + b_{21}x_1 + b_{22}x_2 + \dots + b_{2n}x_n + \varepsilon_2, \\ y_3 = a_{31}y_1 + a_{32}y_2 + a_{34}y_4 + \dots + a_{3,k-1}y_{k-1} + a_{3k}y_k + b_{31}x_1 + b_{32}x_2 + \dots + b_{3n}x_n + \varepsilon_3, \\ \dots \\ y_k = a_{k1}y_1 + a_{k2}y_2 + a_{k3}y_3 + \dots + a_{k,k-1}y_{k-1} + a_{kk}y_k + b_{k1}x_1 + b_{k2}x_2 + \dots + b_{kn}x_n + \varepsilon_k. \end{cases}$$

Здесь предполагаем, что от исходного (натурального) масштаба показателей совершён переход к стандартизованному масштабу, так что свободные члены регрессионных уравнений отсутствуют.

Как известно, применение метода наименьших квадратов (МНК) к отдельным уравнениям системы СФМ даёт несостоятельные точечные оценки структурных коэффициентов по заданной экспериментальной выборке. Поэтому применим косвенный МНК: по приведённым коэффициентам приведённой формы модели (ПФМ)



$$\begin{cases} y_1 = \delta_{11}x_1 + \delta_{12}x_2 + \dots + \delta_{1n}x_n + \omega_1, \\ y_2 = \delta_{21}x_1 + \delta_{22}x_2 + \dots + \delta_{2n}x_n + \omega_2, \\ \dots \\ y_k = \delta_{k1}x_1 + \delta_{k2}x_2 + \dots + \delta_{kn}x_n + \omega_k. \end{cases}$$

Выборочные приведённые коэффициенты находятся с помощью МНК и при обычных предположениях дают несмещённые эффективные состоятельные точечные оценки соответствующих приведённых коэффициентов генеральной совокупности.

Таким образом, задача сводится к идентификации выборочных структурных коэффициентов по приведённым.

Подставляя идентифицированные приведённые регрессии в структурные уравнения и приравнявая коэффициенты при независимых (экзогенных) переменных, получим систему линейных неоднородных алгебраических уравнений общего вида. Поскольку число уравнений и число неизвестных для каждого уравнения СФМ в общем случае произвольны и могут меняться от одного уравнения к другому, необходимо исследовать все возможные случаи [1]:

- точная идентифицируемость – структурные коэффициенты определяются по приведённым алгебраически однозначно,
- неидентифицируемость – существует бесконечное количество алгебраических решений,
- сверхидентифицируемость – противоречивая алгебраически система имеет единственное наилучшее в смысле МНК решение.

Эвристически наиболее оправданные результаты получаются в случае точной идентифицируемости всех уравнений СФМ. Этого можно добиться специальным подбором нулевых структурных коэффициентов.

Результатом идентификации структурных коэффициентов является система линейных уравнений $AY=BX$, связывающих вектор X управляющих (экзогенных) регрессоров с вектором Y результирующих (эндогенных) параметром продукции.

Тогда оптимальное управление X^* найдём по формуле $X^*=B^{-1}AY^*$, где Y^* – заданный (оптимальный) набор характеристик продукции.

Предложенный метод применён к задаче подбора технологически и экономически оправданных параметров нефтяного сырья и условий его обработки для получения битумов нужного качества. Размерности задачи охватывали 3-6 результирующих и 8-13 управляющих факторов. Достаточно большой объём выборки (65 наблюдений) позволил изучить влияние кластеризации выборки в зависимости от поставщика сырья с помощью пробит-анализа регрессионных зависимостей. Конкретная реализация была усложнена необходимостью учёта значимости вклада отдельных регрессоров в каждое уравнение регрессии как СФМ, так и ПФМ. При этом обнаружена зависимость идентифицируемости СФМ от вида уравнений ПФМ, которые могут быть и нелинейными.

Всё это потребовало разработки программного обеспечения на основе Excel и Java. С другой стороны, применение компьютерной техники позволило



провести расчёт многих вариантов подбора СФМ с целью получения наиболее простой и устойчивой вычислительной схемы.

Литература

1. Котенко А.П., Букаренко М.Б. Геометрия систем линейных регрессионных уравнений / Известия СНЦ РАН, т.15, №6(3), Самара, – 2013. С. 820-823.

В.А. Куделькин

ИНТЕГРАЦИОННАЯ ПЛАТФОРМА «ИНТЕГРА-ПЛАНЕТА-4D»

(Консорциум «Интегра-С»)

С развитием геоинформационных систем (ГИС), 2D и 3D, появилась необходимость в упрощении пространственной информации. Анализ процессов с помощью ГИС все чаще требует учета их динамики. Для решения этой задачи функция трехмерного представления местности и объектов уже недостаточна — ГИС нуждаются в дополнении четвертым измерением - 4D.

Поэтому компанией «Интегра-С» была разработана уникальная система, которая выходит за рамки простой интеграции датчиков и ПО - «Интегра-Планета-4D».

Мы усовершенствовали алгоритмы программы, и сегодня мы можем объединить все подсистемы безопасности в единую 4D геоинформационную систему, представляющую ситуационный анализ территорий и объектов на многослойных 3D картах с возможностью отображения инцидентов. Теперь вы сможете просматривать произошедшие ранее события, вернувшись в интересующий вас отрезок времени, зафиксированный системой. Это даст вам возможность сформировать статистику происшествий.

Подсистема отображения представляет собой кроссплатформенное приложение, ключевой особенностью которого является единый, бесшовный виртуальный, четырехмерный мир, охватывающий всю планету, эффективно интегрируя, управляя и анализируя пространственно-временные данные от различных систем.

Усовершенствованные алгоритмы системы включают в себя:

- Объединение данных из нескольких источников и применения методов и интерполяции для получения развернутой информации.
- Корреляция данных объединяет схожие датчики или камеры одного объекта, тем самым снижая количество ложных тревог.
- Корреляция событий определяет, казалось бы, разнородные события и уведомляет оператора, что они могут быть связаны, это помогает игнорировать отвлекающие факторы и определить угрозы безопасности.



- Кластеризация - объединяет однотипное оборудование для иерархической комплексной оценки состояния объекта: неисправности, тревоги, запрос обслуживания.
- Схемотехника - Отображение всех устройств системы и их связей в виде иерархического дерева. Автоматическое и ручное формирование базы данных устройств, программирование логических связей по линиям передачи данных, питания и т.д.
- Интерактивное Руководство – пошаговые процедуры управления рабочим процессом с возможностью взаимодействия с системами он-лайн техподдержки и настройки. Все действия записываются для криминалистической экспертизы при возможном происшествии.
- Специальные слои – вопросы компетенции служебного или секретного использования, рассматриваемые исключительно на определенном рабочем месте.
- Закладки - позволяют системным операторам пометить событие и все связанные с ним данные датчиков, камер или нарушения правил доступа, для дальнейшего анализа.
- Инциденты - инструменты поддержки принятия решений, призванные помочь оператору системы при выполнении различных задач во время инцидента, увеличивая скорость и эффективность работы, автоматически отображая связанные с ними видеофайлы и события системы.

«Интегра-Планета-4D» применима для работы как с небольшими объектами, например, одиночными зданиями или подвижными средствами, так и с территориально протяженными объектами, такими как большие заводы и даже целые города.

Основой построения такого виртуального мира в «Интегра-Планета-4D» являются данные Open Street Map. Также система имеет механизм наложения слоев, который позволяет добавлять в зоны интереса данные из различных геоинформационных систем (ГИС), таких как ГИС "Панорама", ArcGIS и т.д., с помощью стандартных протоколов обмена геоданными (WMS, TMS, XYZ Tiles и т.д.). Все объекты, размещаемые в таком виртуальном мире, имеют географическую привязку и отображаются в масштабе.

Подсистема отображения позволяет добавлять, отображать и контролировать в виртуальном мире различные объекты, такие как здания и сооружения, подземные и наземные коммуникации, датчики интегрированных в «Интегра-Планета-4D» систем, объекты систем спутниковой навигации и т. д.

Объекты виртуального мира могут иметь различную степень детализации, здания могут иметь только фасад и крышу или могут быть точной копией реального прототипа со всеми внутренними перекрытиями, стенами, дверями и т.п.

В подсистеме отображения реализована технология дополненной виртуальной реальности, представляющее собой видеоизображение, "наложенное" на объекты трехмерного мира, что позволяет более полно воспринимать информа-



цию, т.е. видеть одновременно расположение видеокамеры в трехмерном пространстве и поступающее с нее видеоизображение.

Технология создания 4D-ГИС стала доступной с появлением в последней версии клиентской программы популярного сервиса Google Earth поддержки отображения изменения объектов во времени. Однако, в отличие от «Интегра-Планета-4Д», в ней невозможно гарантировать сохранность любых личных или секретных данных, а также интеграцию всего спектра оборудования систем безопасности и мониторинга.

Постулаты построения системы:

«ИНТЕГРА-4Д» разработана на основе принципов открытых систем, с целью упрощения интеграции с другими системами. «Интегра-Планета-4Д» должна содержать открытые программные интерфейсы для интеграции с источниками информации и внешними информационными системами [Распоряжение ПРАВИТЕЛЬСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ от 17 декабря 2010 г. № 2299-р и по ГОСТ Р 22.1.12-2005 п.5.1].

- Все программные компоненты «Интегра-Планета-4Д» являются кроссплатформенными и работают под управлением операционных систем с открытым исходным кодом.

- «Интегра-Планета-4Д» должна иметь возможность импорта картографических данных общепринятых обменных форматов.

- «Интегра-Планета-4Д» обеспечивает доступ уполномоченному лицу к разрешенной информации, защищенной электронной подписью и механизмом шифрации, с терминала, имеющего доступ к сети Internet.

- Доступ к ресурсам «Интегра-Планета-4Д» и права получения информации с объектов защищены электронной подписью.

- Для подтверждения достоверности, все данные и видеофайлы, при хранении на сервере и при передаче, защищены электронной подписью.

В настоящее время «Интегра-Планета-4Д» является единственным универсальным инструментом не только для анализа ситуаций, но и для прогнозирования развития событий, а также мониторинга обстановки объектов любого назначения.

Литература

1. Денисов В.Ф. Инфраструктура инновационного развития общества и информационно-коммуникационные технологии.// XI междунар. научн. конф. по проблемам развития экономики и общества:- М. Высшая школа экономики, 2011г., кн.3, с.373-382.

2. Прохоров С.А., Федосеев А.А., Денисов В.Ф., Иващенко А.В. Методы и средства проектирования профилей интегрированных систем обеспечения комплексной безопасности предприятий наукоемкого машиностроения // Самара: Самарский научный центр РАН, 2009 - 199 с.:ил.

3. Куделькин В.А., Денисов В.Ф. Информационно-коммуникационные технологии и интегрированные интеллектуальные системы комплексной



безопасности ВУЗам XXI века.//Информационная среда ВУЗа XXI века: материалы IV Международной научн.-практ.конференции (20-24 сентября 2010 г.)- Петрозаводск, 2010. - с. 137-142.

4. Куделькин В.А, Денисов В.Ф. Методы и инструментальные средства мониторинга состояния комплексной безопасности стратегических объектов и территорий.// журнал «Мониторинг. Наука и безопасность.» -М., 2012, №2 (6),с. 16-24.

5. Денисов В.Ф., Чекин В.И. Опыт использования промышленных и государственных образовательных стандартов при разработке базовых профилей информационных систем // сборн. трудов III Всерос. практ. конф. «Стандарты в проектах современных информационных систем» - М.: Фостас, изд-во «Открытые системы», 2003 г.

6. Вольпян Н.С. Европейский опыт реализации политики развития ИКТ-компетенций. Европейская рамка ИКТ-компетенций.- М.: Softline, 2011.- 118с.:илл.

К.С. Кульга, Г.Н. Зверев, П.В. Виноградов

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ МОДЕЛЬНО-ЛИТЕЙНОЙ ОСНАСТКИ КРУПНЫХ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ СТАНКОВ С ЧПУ

(Уфимский государственный авиационный технический университет)

Актуальность проблемы. Основа конструкции современного станка с числовым программным управлением (ЧПУ) – крупные корпусные детали (ККД), например, станины, колонны и т.п. Их массовая доля в компоновке станков превышает 70% [1]. Получение заготовок ККД литьем, удовлетворяет условиям стабильности размеров, жёсткости и виброустойчивости станков с ЧПУ [2]. В связи с этим литейное производство является одним из важнейших технологических переделов, влияющим на технико-экономические показатели продукции станкостроительных предприятий. Промышленные информационные технологии в литейное производство ККД внедрены недостаточно.

Проведенный анализ литейного производства (ЛП) на предприятии НПО «Станкостроение» (г. Стерлитамак) [3] выявил низкую эффективность использования программного обеспечения (ПО) локальных подсистем САх (*Computer Aided Technologies*), как совокупности различных технологий автоматизации с помощью ЭВМ, отсутствие программного взаимодействия этих подсистем как на уровне управления, так и наборов данных.

В единичном и мелкосерийном производстве отливок ККД выявлены следующие тенденции:

– значительные энергетические, материальные и трудовые затраты в малоэффективных, последовательных бизнес-процессах (БП) разработки литейной технологии (ЛТ) и низкая степень их автоматизации;



- необходимость в нормализации конструкций отливок ККД и унификации элементов модельно-литейной оснастки для их изготовления;
- перевод изготовления модельно-литейной оснастки на станки с ЧПУ.

Для решения актуальной проблемы совмещения БП разработки технологии изготовления отливок ККД в едином информационном пространстве станкостроительного предприятия необходимо создание ПО автоматизированной информационной системы (АИС) *Stalker Cast*, основанной на апробированной методологии проектирования подобного рода АИС [4], функциях 3D-геометрического моделирования и API (*Application Programming Interface*)-функциях *CAD (Computer Aided Design)*-систем.

Проектирование, создание и внедрение ПО АИС *Stalker Cast*, не требует значительных капитальных вложений, и позволяет сократить сроки технологической подготовки литейного производства и получить обоснованные данные для расчета предварительной и фактической себестоимостей ККД станков с ЧПУ.

Для создания ПО АИС *Stalker Cast* необходимо решить следующие задачи:

- провести системный анализ рациональных способов получения отливок ККД;
- реализовать реинжиниринг существующих БП в части проектирования модельно-литейной оснастки для отливок ККД;
- разработать информационно-математическую модель и базовые информационные технологии АИС.

Системный анализ рациональных способов получения отливок ККД.

В основе разработки ЛТ лежит выбор способа получения отливки, который определяется по различным классификационным признакам [5]. Способы получения отливки ККД имеют свои специфические особенности, которые определяют структуру модельно-литейной оснастки и экономические показатели себестоимости изготовления отливки ККД. Они находят свое развитие в различных модификациях и комбинациях, исходя из технических возможностей конкретного предприятия.

На основе системного анализа рациональных способов литья с учётом конструктивных особенностей отливок ККД, предъявляемых к ним технических требований, используемой модельно-литейной оснастки, выделены классификационные признаки и проведён морфологический анализ ЛТ, предназначенной для изготовления отливок ККД (рисунок 1).

Анализ позволил определить конечное множество альтернатив необходимых для синтеза обобщенных структур модельно-литейной оснастки отливок ККД. Для полного перебора вариантов структур модельно-литейной оснастки задан перечень в виде каталога типовых вариантов для каждого типа конструкции отливок ККД, отражающий производственный опыт ЛП станкостроительного предприятия [3].

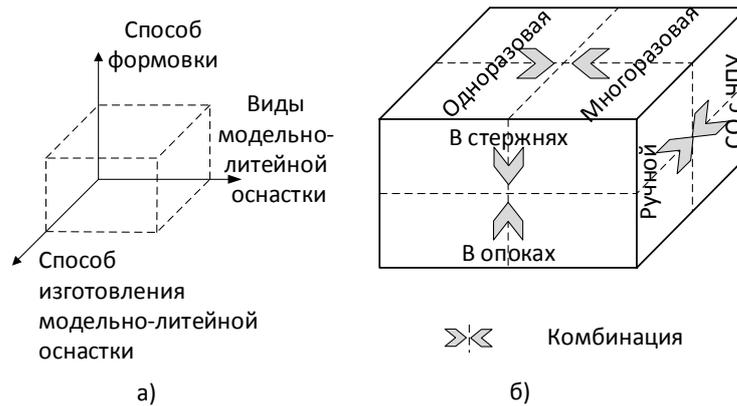


Рис. 1. Анализ альтернатив: а) классификационные признаки выбора альтернатив; б) морфологический бокс выбора альтернатив

Реинжиниринг существующих БП в части проектирования модельно-литейной оснастки для отливок ККД. В виду сложности предметной области (достаточно большое количество функций, объектов, атрибутов и сложные взаимосвязи между ними) и отсутствия прямых аналогов, на основе анализа и реинжиниринга существующих БП проектирования ЛТ разработана функциональная модель (ФМ) БП проектирования модельно-литейной оснастки для отливок ККД. ФМ определяющая состав, структуру и поведение системы, разработана на основе методологии RUP (*Rational Unified Process*), посредством платформенно-независимого, объектно-ориентированного (ОО) языка UML (*Unified Modeling Language*) [6], содержит декомпозирующие диаграммы деятельности и определяет сущности процесса проектирования. На каждом этапе проектирования модельно-литейной оснастки из базы данных (БД) типовых вариантов структур, генерируются базовые конструктивы, представляющие собой параметрические 3D-геометрические модели (ГМ).

Информационно-математическая модель и базовые информационные технологии АИС. Информационно-математическую модель (ИММ) АИС проектирования можно представить в виде множества:

$$M(\text{БК}) = \{ \text{БК}, F^{\text{БК}}, N^{\text{БК}}, R^{\text{БК}} \}, \quad (1)$$

где БК – базовый конструктив объекта проектирования; $F^{\text{БК}}$ – множество свойств БК (наборы данных статей прямых и косвенных затрат себестоимости); $N^{\text{БК}}$ – множество параметров свойств $F^{\text{БК}}$; $R^{\text{БК}}$ – множество отношений между элементами БК, свойствами $F^{\text{БК}}$ и параметрами $N^{\text{БК}}$.

Предлагаемая ИММ АИС позволяет реализовать новый метод автоматизированного проектирования модельно-литейной оснастки для изготовления отливок ККД, основанный на программном преобразовании исходной конструкторской 3D-ГМ в набор параметрических 3D-ГМ элементов модельно-литейной оснастки с применением API-функций CAD-систем. Этот метод реализован на основе редактирования исходной конструкторской 3D-ГМ ККД с целью получения промежуточных технологических моделей (ТМ), исполь-



зубых в проектировании модельно-литейной оснастки. На рисунке 2 приведён пример реализации базовой информационной технологии в АИС *Stalker Cast*.

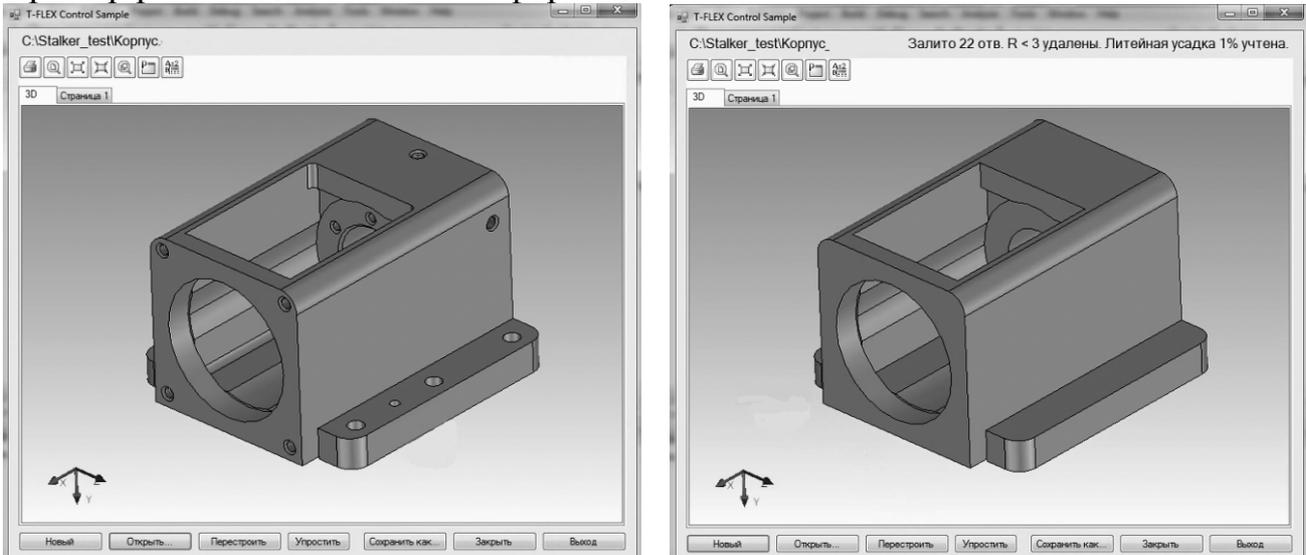


Рис. 2. Результат автоматизированного проектирования упрощенной ТМ детали для анализа в САЕ-системе: а) исходная конструкторская 3D-ГМ детали; б) упрощенная ТМ детали для анализа в САЕ-системе

При автоматическом переформировании исходной конструкторской 3D-ГМ в упрощенную ТМ ККД исключается несущественная геометрия (например, скругления малого радиуса, крепежные отверстия и т.п.) для гидро- и термодинамического анализа в САЕ-системе, что позволяет оптимизировать дискретизацию конечно-элементной модели и время проведения инженерных исследований.

Заключение. Использование информационных технологий и 3D-ГМ при проектировании и изготовлении модельно-литейной оснастки ККД на основе разработанного ПО АИС *Stalker Cast* позволит:

- автоматизировать БП проектирования ЛТ для отливок ККД станков с ЧПУ;
- исключить ошибки в материальном производстве отливок ККД, и как следствие, снизить прямые и косвенные затраты в фактической себестоимости станков с ЧПУ;
- осуществить перевод изготовления модельно-литейной оснастки на станки с ЧПУ.

Литература

1. Чугунное литье в станкостроении / Клецкин Г. И., Абрамов Г. Г., Воловик И. М., Гини Э. Ч. ; ред. Клецкина Г. И. - М. : Машиностроение, 1975. - 320 с. : ил.
2. Металлорежущие станки: учебник. В 2 т. / Т.М. Авраамова, В.В. Бушуев, Л.Я. Гиловой и др.; под ред. В.В. Бушуева. Т. 1. — М.: Машиностроение, 2012. — 608 с.; ил.
3. Кульга К.С., Виноградов П.В. Совершенствование бизнес-процессов проектирования и изготовления крупногабаритных отливок на основе исполь-



зования систем трехмерного геометрического моделирования // Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии : материалы VI всерос. науч.-практ. конф. / гл. ред. С. Н. Летуца. – Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2013. – С. 46-51.

4. Кульга К.С., Кривошеев И.А. Модели и методы создания интегрированной информационной системы для автоматизации технической подготовки и управления авиационным и машиностроительным производством: монография. М.: Машиностроение, 2011. – 377 с.

5. Wanlong Wang, Henry W. Stoll, James G. Conley. Rapid Tooling Guidelines For Sand Casting. New York; Dordrecht; Heidelberg; London: Springer, 2010. - 164 p.

6. Арлоу Д., Нейштадт И. UML 2 и Унифицированный процесс. Практический объектно-ориентированный анализ и проектирование, 2-е издание. – Пер. с англ. – СПб: Символ-Плюс, 2007. – 624 с., ил.

К.С. Кульга, П.В. Меньшиков

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ ОБЕЧАЙКИ¹

(Уфимский государственный авиационный технический университет)

Актуальность проблемы. Одной из самых ответственных и дорогостоящих корпусных деталей емкостного оборудования (например, теплообменные и колонные аппараты), изготавливаемых предприятиями нефтегазового и химического машиностроения, является обечайка. Обечайка имеет значительные габаритные размеры (например: 60600x3200x18мм), поэтому эта деталь сваривается из нескольких листов или лент. В большинстве случаев (кроме самых простых изделий) требуется решать задачу расчёта карты раскроя обечайки. В этом случае определяется конфигурация корпусных сварных швов обечайки, при которой выполняются все конструкторско-технологические ограничения, учитываются технические возможности оборудования и обеспечивается минимизация норм расхода основных и вспомогательных материалов, а также норм времени на заготовительные, сварочные и сборочные операции. Задача расчета карты раскроя обечайки в общем случае сводится к задаче покрытия ортогональной области с препятствиями прямоугольниками заданных размеров. Результаты исследований показали, что задачи покрытия относятся к *NP(Non-deterministic Polynomial)*-сложным, т.е. алгоритм точного решения таких задач за полиномиальное время не найден.

Для решения практических задач оптимального раскроя обечайки целесообразно использовать эвристические методы поиска оптимального

¹ Работа выполнена в рамках научного проекта №15-07-00928 при финансовой поддержке ФГБУ РФФИ



решения. Однако в отличие от постановки задачи покрытия ортогональной области с препятствиями [1-3], задача оптимального раскроя обечайки имеет существенные новые особенности:

- учёт конструкторско-технологических ограничений и технических возможностей оборудования для размещения деталей и сборочных единиц (ДСЕ) ёмкостного оборудования;

- препятствия в рассматриваемой задаче являются запретами на расположение сварных швов, т.е. границ покрываемых элементов, и не исключены из плана покрытия;

- препятствия являются разнородными, существуют отдельные запреты на расположение кольцевых или продольных сварных швов, а также запреты с комплексными условиями «срабатывания» (например, для горизонтального аппарата разрешено расположение кольцевого сварного шва под одной из его опор, но не под обеими одновременно);

- использование элементов задач двухмерного гильотинного раскроя и плотного размещения объектов (раскрой исходных листов на заготовки);

- необходимость решения прямой и обратной задач оптимального раскроя обечайки, включая предварительные расчёты плановой себестоимости изделий на основе опросных листов (для тендеров);

- целевая функция должна включать в себя группу ограничений (критериев оптимальности): норма расхода основных и вспомогательных материалов, периметры сварных швов, количество деловых и технологических отходов материалов, себестоимость и др.

Введем наименование нового вида препятствий – «граничные препятствия», и классифицируем исследуемую задачу как задачу покрытия ортогонального многосвязного полигона с граничными препятствиями.

Цель научного исследования: разработка моделей и методов создания автоматизированной информационной системы (АИС) для решения задачи геометрического покрытия ортогонального многосвязного полигона с граничными препятствиями, включая программное взаимодействие на уровне наборов данных и управления в едином информационном пространстве (ЕИП) с интегрированной АИС (ИАИС) предприятия *Stalker PLM v7.x* [4].

Создания программного обеспечения (ПО) АИС основывалось на методологии, разработанной в монографии [4]. Данная методология предусматривает поэтапное решение задачи создания АИС на основе реинжиниринга существующих бизнес-процессов (БП), разработку объектно-ориентированной функциональной, а затем информационно-математической модели с последующим созданием на их основе ПО базовых информационных технологий АИС.

1. Реинжиниринг БП. Анализ существующих АИС оптимального раскроя листового сортамента и результатов их применения на предприятиях выявил отсутствие комплексного применения критериев для решения задачи геометрического покрытия многосвязного ортогонального полигона (обечайки).



В свою очередь, решение этой задачи на основе опыта квалифицированных инженеров предприятия требует значительных затрат времени (от трёх до семи дней по данным фотографии дня), при этом не гарантируется оптимальность полученного решения и отсутствие ошибок. На основе результатов реинжиниринга БП заготовительного производства ёмкостного оборудования разработана объектно-ориентированная функциональная модель (ФМ), отличающаяся тем, что формализовано описывает взаимодействие БП технической подготовки производства обечайки, а также интегрирует этапы функционального моделирования и создания ПО АИС [5].

2. *Единая информационно-математическая модель (ИММ) АИС.* Предлагаемая ИММ АИС отличается реализацией модифицированного метода ветвей и границ для решения прямой и обратной задач двумерного геометрического покрытия ортогонального многосвязного полигона с граничными препятствиями на основе определения конструкторско-технологических ограничений для размещения геометрических объектов, применением обобщённого критерия оптимальности, а также новым методом автоматического формирования параметрических 3D геометрических моделей карт раскроя обечайки с применением *API (Application Programming Interface)*-функций *CAD (Computer Aided Designer)*-систем. Геометрическая модель карты обечайки создаётся в препроцессоре АИС *Stalker ROB* [5]. Группы ограничений относятся к расположению кольцевых и продольных сварных швов, ортогональных друг по отношению к другу. Это позволяет преобразовать любые ограничения, независимо от их формы, в прямоугольные боксы, стороны которых параллельны направлениям кольцевых и продольных сварных швов. Было выделено три основных группы ограничений – на расположение кольцевых, продольных и Т-образных сварных швов. Для каждой ДСЕ и геометрических объектов карты обечайки производится преобразование ограничений в прямоугольники, именуемые запретными зонами. Разработанный эвристический алгоритм, основанный на предлагаемом методе, отличается тем, что на каждом шаге отбирается N лучших вариантов по локальному критерию оптимальности, и для каждого из них определяются все возможные варианты следующего шага. Производится отсечение заведомо неудачных вариантов, включая одинаковые варианты раскроя, полученные разными путями.

При нахождении варианта покрытия обечайки имеющимися заготовками, учитываются следующие критерии:

- условие полного покрытия площади;
- взаимное неперекрывание заготовок на развёртке;
- непересечение кольцевых и продольных сварных швов с соответствующими запрещёнными зонами, а также отсутствие Т-образных сварных швов внутри зон с запретом на такие швы;
- отсутствие крестообразных сварных швов.

Оптимальность полученного варианта оценивается значением целевой функции (критерия оптимальности), которая является свёрткой частных крите-



риев оптимальности на основе метода относительного отклонения от идеальной точки [6].

3. На основе предложенных моделей разработано и экспериментально исследовано ПО АИС *Stalker ROB*, реализующее задачу оптимального геометрического покрытия обечайки ёмкостного оборудования на стадиях предварительных расчётов и технической подготовки производства, а также программное взаимодействие на уровне данных и управления с ИАИС предприятия *Stalker PLM v7.x* [4]. На рисунке 1 приведены результаты решения *прямой задачи* оптимального геометрического покрытия обечайки в виде 2D и 3D геометрической модели развёртки корпусной детали ёмкостного оборудования (карта раскроя). Для решения *обратной задачи* оптимального геометрического покрытия обечайки необходимо найти множество поставок заготовок, которое должно удовлетворять условиям: на этом множестве возможно решение *прямой задачи* покрытия; обеспечение поставки заготовок в заданный срок, определенный планом производства предприятия.

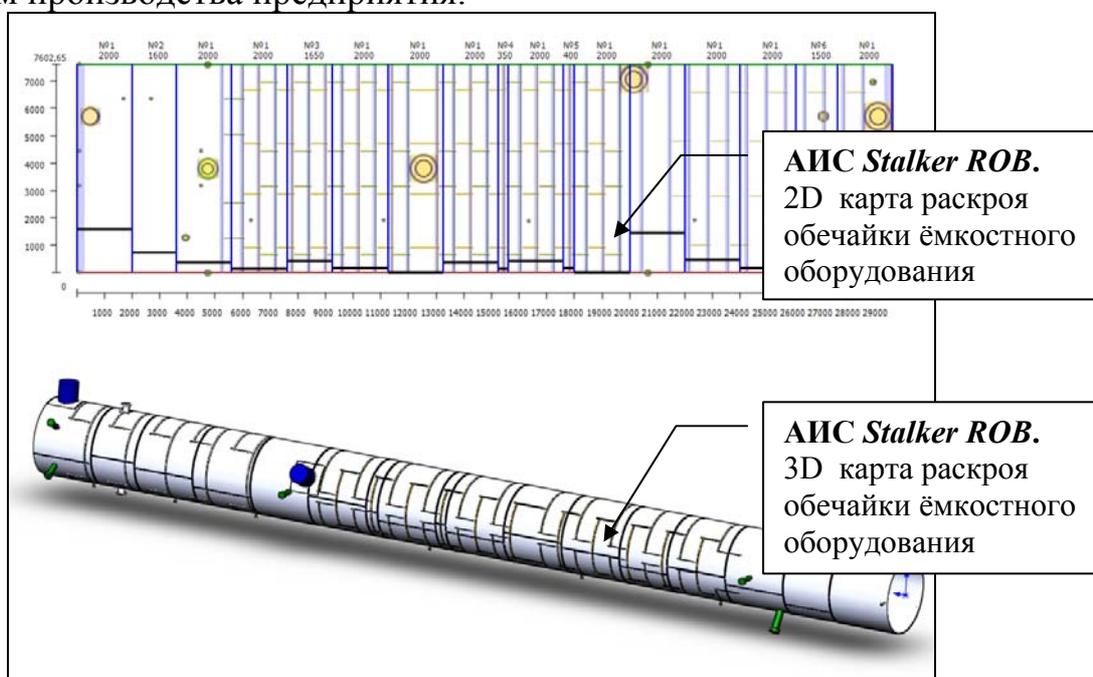


Рис. 1. Результаты оптимизации геометрического покрытия обечайки

Заключение. На основе предложенных моделей и методов разработано и экспериментально апробировано ПО АИС *Stalker ROB* [5], реализующее прямую и обратную задачи оптимального геометрического покрытия ортогонального многосвязного полигона с граничными препятствиями на основе определения конструкторско-технологических ограничений на стадиях предварительных расчётов, технической подготовки, а также информационную интеграцию в ЕИП с ИАИС предприятия *Stalker PLM v7.x* [4].



Литература

1. Мухачева Э.А. Рациональный раскрой промышленных материалов. Применение АСУ. – М.: Машиностроение. – 1984. – 176 с.
2. Хасанова Э. И. Проектирование размещения геометрических объектов на многосвязном ортогональном полигоне [Текст]: дис. ...канд. тех. наук: 05.13.12: Уфа. – 2010. – 188 с.
3. Телицкий С. В. Оптимизация многокритериального геометрического покрытия полигона на основе условных оценок с учетом технологических ограничений [Текст]: дис. ... канд. тех. наук: 05.13.01: Уфа. – 2013.– 179 с.
4. Модели и методы создания интегрированной информационной системы для автоматизации технической подготовки и управления авиационным и машиностроительным производством/Кульга К.С., Кривошеев И.А. // М. : Машиностроение. – 2011. – 377 с.
5. К.С. Кульга, П. В. Меньшиков. Оптимизация геометрического покрытия многосвязного ортогонального полигона с граничными препятствиями с учётом конструкторско-технологических ограничений // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. №4. (выпуск 50). Часть 2. – 2014. – с. 75-82.
6. Гольдштейн А.Л. Метод отклонений для многокритериальных задач // Пермь: зд. ПГТУ. – 2010. – 27 с.

К.С. Кульга, А.В. Половинкин

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

(Уфимский государственный авиационный технический университет)

Актуальность проблемы. Детали авиационных двигателей характеризуются сложностью и разнообразием конструкций, что приводит к необходимости разработки значительного количества станочных приспособлений (СП). К конструкции СП предъявляются высокие требования по точности изготовления и качеству базовых поверхностей.

Системный анализ существующих бизнес-процессов (БП) проектирования СП, основанных на применении стандартной функциональности программного обеспечения (ПО) CAD (*Computer Aided Design*)-систем, выявил следующие недостатки:

- создание нового СП основано на экспертных оценках конструкции, включает значительные затраты времени на изучение проектной и справочной информации, а также на проектирование СП;
- учитываются только общие вопросы базирования заготовок с профильными посадочными поверхностями;
- не учитываются особенности проектирования и технологичности базовых деталей СП, что приводит к снижению качественного уровня конструкции СП;



– проектирование деталей и сборочных единиц (ДСЕ) СП выполняется без автоматизации построения параметрических 3D-геометрических моделей ДСЕ СП, чертежей СП, а также формирования спецификаций СП. В этом случае САД-система используется только в качестве электронного кульмана.

Таким образом, создание и экспериментальная апробация автоматизированной информационной системы (АИС), предназначенной для повышения эффективности проектирования СП, применяемых для изготовления деталей авиационных двигателей расчётов, является актуальной научной задачей.

Теоретическая часть. Разработка ПО АИС для проектирования СП осуществлялась на основе методологии, подробно описанной в монографии [1].

Функциональная модель (ФМ) АИС. Объектно-ориентированная функциональная модель АИС разработана с применением методологии *Rational Unified Process (RUP)* и платформенно-независимого объектно-ориентированного языка *UML (Unified Modeling Language)* [2].

Этапы разработки объектно-ориентированной ФМ АИС [1, 5]: бизнес-моделирование; определение функциональных и нефункциональных требований; анализ и проектирование; реализация; тестирование; развертывание.

Каждый этап включал выполнение задач для достижения конечной цели функционального моделирования – разработка ПО АИС для проектирования СП. Реализация вышеуказанных этапов подробно рассмотрена в работе [5].

Разработанная ФМ является основой для создания информационно-математической модели и базовых информационных технологий АИС проектирования СП.

Информационно-математическая модель (ИММ) АИС. Основой для создания ИММ является разработанная объектно-ориентированная ФМ АИС, математические модели и методы для проведения размерных характеристик, точностных и силовых расчётов конструкций СП [3], а также алгоритмическое обеспечение для автоматизации построения параметрических 3D геометрических моделей и проекционных сборочных чертежей СП, формирования спецификации на основе *API (Application Programming Interface)*-функций САД-системы.

Исполнительные размеры сборочного СП определяются с учётом размеров посадочной и упорной поверхностей, которые указаны в комплекте технологической документации для ДСЕ. Точность обработки детали оценивается сопоставлением расчетной погрешности с допустимой величиной погрешности её изготовления.

Базовые информационные технологии АИС. Для реализации этого этапа методологии [1] разработано ПО АИС *Stalker MTA* для автоматизированного проектирования типовых конструкций СП.

Системный анализ функций отечественных и зарубежных САД-систем выявил, что российская САД-система *КОМПАС-3D* [4] обладает следующими возможностями:

- параметрическое 2D/3D геометрическое моделирование ДСЕ;



- наличие библиотек стандартных изделий с заполненными наборами данных, применяемых при проектировании СП;
- оформление конструкторской документации для СП в соответствии с российскими государственными стандартами;
- наличие ПО API-функций для нового геометрического ядра *C3D Kernel*, в котором объединены модули геометрического моделирования, параметризации и трансляции данных. Это позволяет создавать ПО АИС с реализацией программного доступа к объектам САД-системы [6].

В качестве экспериментальной апробации предложенных моделей и методов были разработано ПО библиотек, входящих в состав АИС *Stalker MTA*, для автоматизированного проектирования следующих сборных СП: токарные и шлифовальные оправки, кондукторы.

Рассмотрим пример автоматизированного проектирования СП «Оправка токарная», предназначенного для механической обработки детали «тело вращения» на токарном металлорежущем станке, на основе ПО библиотеки «Проектирование станочного приспособления: оправка» (таблица 1).

ПО библиотеки АИС *Stalker MTA* подключается к менеджеру библиотек САД-системы *КОМПАС-3D* (см. п.2, таблица 1).

Для автоматизированного проектирования СП в АИС *Stalker MTA* используются наборы данных электронной структуры изделия, которой управляет интегрированная АИС (ИАИС) авиационного предприятия [1]. В частности, для проектирования СП используются следующие данные технологического процесса изготовления ДСЕ:

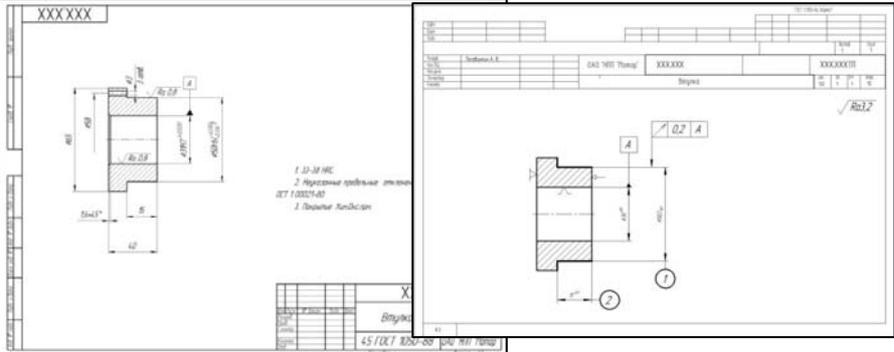
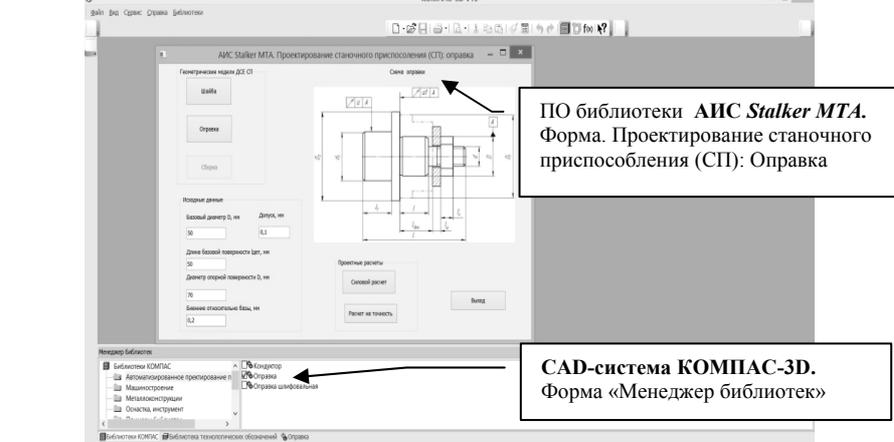
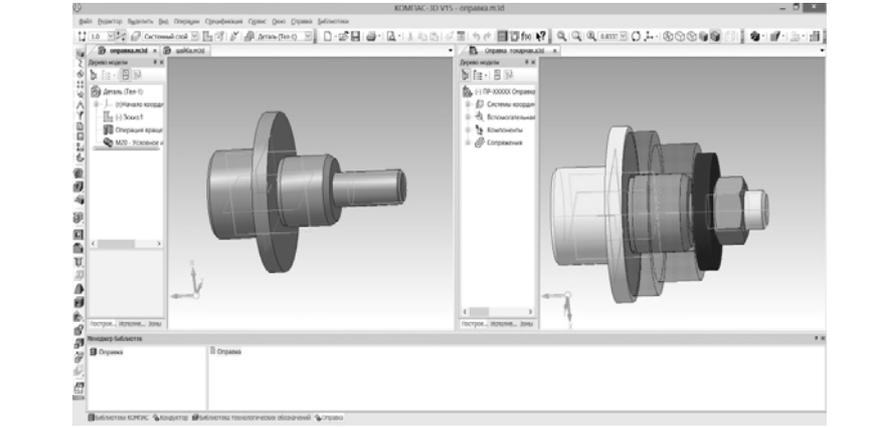
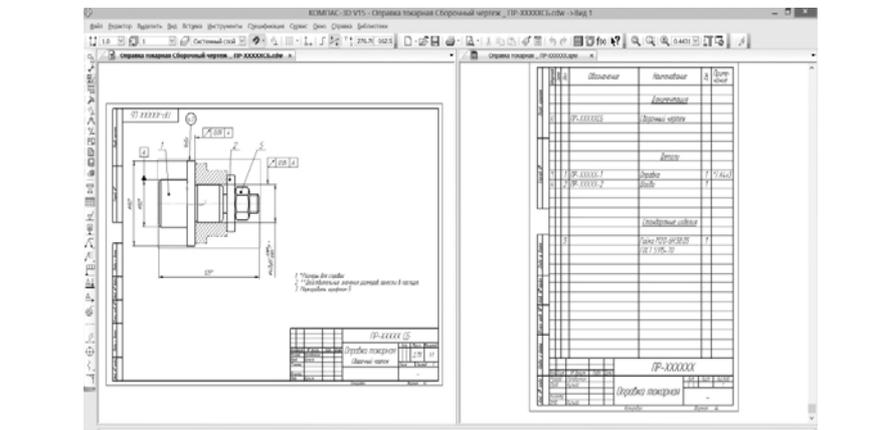
- операционные эскизы (схема базирования);
- сведения об режущих инструментах и режимах резания;
- последовательность технологических переходов в операциях.

На основе автоматически построенной геометрической модели сборки СП (см. п. 3, таблица 1), ПО библиотеки АИС *Stalker MTA* формирует сборочный чертеж СП и его спецификацию (см. п. 4, таблица 1).

Заключение. На основе предложенных моделей и методов авторами разработано и экспериментально апробировано ПО АИС *Stalker MTA*, отличающиеся реализацией автоматизированного проектирования сборных СП на стадии технической подготовки производства деталей авиационных двигателей и информационным взаимодействием с ИАИС в едином информационном пространстве предприятия.



Таблица 1 Базовые информационные технологии библиотеки АИС Stalker MTA

| № п. п. | Описание базовой информационной технологии АИС | Реализация базовой информационной технологии АИС |
|---------|--|--|
| 1. | Исходные данные: – конструкторская документация; – технологическая документация. |  |
| 2. | Интеграция АИС Stalker MTA и САD-системы КОМПАС-3D на уровне управления и наборов данных |  <p data-bbox="1059 808 1433 913">ПО библиотеки АИС Stalker MTA. Форма. Проектирование станочного приспособления (СП): Оправка</p> <p data-bbox="1059 1061 1433 1137">САD-система КОМПАС-3D. Форма «Менеджер библиотек»</p> |
| 3. | Автоматическое построение параметрических 3D геометрических моделей ДСЕ СП |  |
| 4. | Автоматическое построение сборочного чертежа СП и формирование его спецификации |  |



Литература

1. Кульга К. С. Модели и методы создания интегрированной информационной системы для автоматизации технической подготовки и управления авиационным и машиностроительным производством [Текст] / Кульга К. С., Кривошеев И. А. – М. : Машиностроение, 2011. – 377 с.
2. Рамбо Дж. UML 2.0. Объектно-ориентированное моделирование и разработка [Текст] / Рамбо Дж. – 2-е изд. – СПб. : Питер, 2007. – 544 с.
3. Станочные приспособления [Текст]: Справочник. В 2-х т./ ред. Вардашкин Б. Н. – М. : Машиностроение. – 1984. – 430 с.
4. Компания АСКОН. Комплексные решения для машиностроения – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.ascon.ru> (Дата обращения 12.01.2015).
5. Кульга К.С., Половинкин А.В. Автоматизация проектирования станочных приспособлений для изготовления деталей авиационных двигателей [Текст] // Сборник научных трудов V-й международной научно-практической конференции «Теоретические и прикладные аспекты современной науки»/ Белгород: АПНИ. – 30.11.2014. – Часть III., – с.87-91.
6. C3D Labs. The Core 3D. Комплексные решения для машиностроения – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://c3dlabs.com/ru/> (Дата обращения 31.01.2015).

В.В. Любимов, В.С. Лашин

ПРИМЕНЕНИЕ ОДНОШАГОВЫХ МЕТОДОВ РУНГЕ-КУТТЫ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ УПРАВЛЯЕМОГО ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ МИКРОСПУТНИКА

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Рассматривается задача о математическом моделировании процесса успокоения микроспутника с электромагнитными исполнительными органами на борту. При численном интегрировании системы уравнений движения микроспутника применяется семиэтапный метод Рунге-Кутты. Производится сравнение результатов численного интегрирования при использовании семиэтапного и четырехэтапного явных методов Рунге-Кутты.

Постановка задачи. В современной космонавтике при управлении вращательным движением микроспутника наиболее часто используются магнитные системы управления [1],[2]. Такие системы в основном используются на микроспутниках, поскольку для них характерны небольшими управляющими моментами. Электромагнитные катушки применяются в современных системах управления ориентацией спутников также для уменьшения кинетических моментов двигателей-маховиков [3]. При движении по орбите на спутник оказывают влияние различные возмущающие силовые факторы [4]-[5]. Кроме того, в



процессе отделения от базового космического аппарата микроспутник приобретает остаточные угловые скорости, которые требуется минимизировать для обеспечения требуемой его ориентации. Этап управления, при котором происходит минимизация угловых скоростей, называется предварительным успокоением микроспутника. Предварительное успокоение вращательного движения может производиться за счет взаимодействия магнитного поля электромагнитов с геомагнитным полем. Пусть на борту микроспутника находятся три магнитометра, расположенные вдоль главных осей инерции. В качестве управляющих органов используются три электромагнита, расположенных вдоль главных осей инерции микроспутника. Математическая модель системы управления успокоением микроспутника включает динамические и кинематические уравнения Эйлера. Динамические уравнения вращательного движения спутника имеют вид:

$$\frac{d\vec{K}}{dt} + \vec{\omega} \times \vec{K} = \vec{M}_c + \vec{M}_p, \quad (1)$$

где $\vec{K} = (K_x, K_y, K_z)$ – вектор кинетического момента микроспутника;

$\vec{\omega} = (\omega_x, \omega_y, \omega_z)$ – вектор угловой скорости микроспутника;

$\vec{M}_c = (M_{cx}, M_{cy}, M_{cz})$ – вектор управляющего момента;

$\vec{M}_p = (M_{px}, M_{py}, M_{pz})$ – вектор возмущающих моментов.

Механический управляющий момент, действующий на микроспутник спутник \vec{M}_c , в проекциях на оси X, Y, Z главной связанной системы координат $OXYZ$ имеет вид:

$$M_{cx} = L_y B_z - L_z B_y, \quad M_{cy} = L_z B_x - L_x B_z, \quad M_{cz} = L_x B_y - L_y B_x, \quad (2)$$

где $\vec{L} = (L_x, L_y, L_z)$ – вектор магнитного момента микроспутника.

Предположим, что закон управления вектором магнитного момента электромагнитных катушек при предварительном успокоении имеет вид [5]:

$$\vec{L} = -k_c \frac{\vec{K} \times \vec{B}}{B^2}. \quad (3)$$

Здесь k_c – коэффициент управления, B – модуль вектора магнитной индукции геомагнитного поля. При определении углов ориентации применялись кинематические уравнения Эйлера, записываемые имеет вид:

$$d\theta / dt = \omega_z \cos \varphi + \omega_y \sin \varphi + \tilde{\omega}_{yM} \sin \psi - \tilde{\omega}_{zM} \cos \psi;$$

$$d\psi / dt = (\omega_z \sin \varphi - \omega_y \cos \varphi) / \sin \theta - \tilde{\omega}_{xM} + \tilde{\omega}_{yM} \operatorname{ctg} \theta \cos \psi + \tilde{\omega}_{zM} \operatorname{ctg} \theta \sin \psi; \quad (4)$$

$$d\varphi / dt = \omega_x - d\psi / dt \cos \theta - \tilde{\omega}_{zM} \sin \theta \sin \psi.$$

Здесь $\tilde{u}_{xM}, \tilde{u}_{yM}, \tilde{u}_{zM}$ – угловые скорости вращения магнитной системы координат относительно неподвижной геоцентрической системы координат.

Численное решение системы из уравнений (1), (4) рассматривается совместно с решением уравнений, характеризующих движение микроспутника



по орбите. Решение осуществляется посредством использования двух явных методов: четырехэтапного и семиэтапного методов Рунге-Кутты. В семиэтапном методе используется формула Дормана-Принса [6]. Четырехэтапный метод является классическим, и в дальнейшем будем использовать сокращенное название РК4.

Явный одношаговый семиэтапный метод Рунге-Кутты (РК7). Семейство явных одношаговых методов Рунге-Кутты задается формулами

$$y_{n+1} = y_n + \sum_{i=1}^s b_i k_i,$$

где h – величина шага интегрирования. Здесь вычисление нового значения проходит в s этапов:

$$k_1 = hf(x_n, y_n),$$

...

$$k_s = hf(x_n + c_s h, y_n + a_{s1} k_1 + a_{s2} k_2 + \dots + a_{s,s-1} k_{s-1}).$$

Конкретный метод определяется числом s и коэффициентами b_i , a_{ij} и c_i . Эти коэффициенты упорядочивают в таблицу [6], называемую таблицей Бутчера. Используя коэффициенты из указанной таблицы, составим формулы для семиэтапного метода Рунге-Кутты:

$$k_1 = f(x_n, y_n);$$

$$k_4 = f(x_n + \frac{4}{5}h, y_n + h(\frac{44}{45}k_1 - \frac{56}{15}k_2 + \frac{32}{9}k_3));$$

$$k_7 = f(x_n + h, y_n + h(\frac{35}{384}k_1 + \frac{500}{1113}k_3 + \frac{125}{192}k_4 - \frac{2187}{6784}k_5 + \frac{11}{84}k_6));$$

$$y_{n+1} = y_n + h(\frac{35}{384}k_1 + \frac{500}{1113}k_3 + \frac{125}{192}k_4 - \frac{2187}{6784}k_5 + \frac{11}{84}k_6).$$

(5)

Результаты численного моделирования.

Приведем пример расчета методами РК4 и РК7, но шаг интегрирования зададим равным $h = 0,4$. Результаты численного интегрирования приведены на рисунке 1. Как следует из рисунка 1 результаты расчётов с использованием двух методов РК4 и РК7 совпадают, что говорит о малой погрешности численного интегрирования.

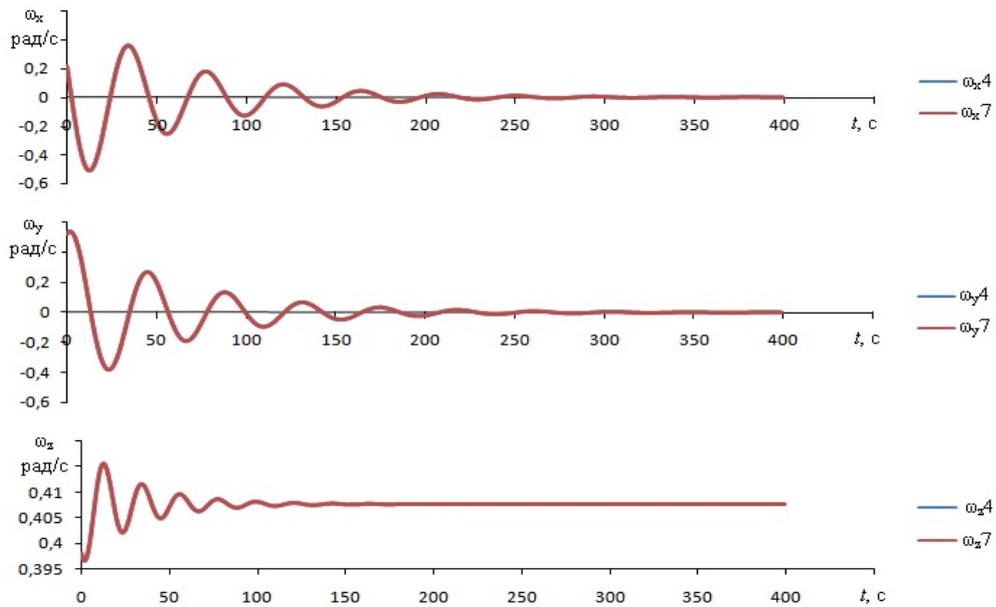


Рис. 1. Графики $\omega_x(t)$, $\omega_y(t)$, $\omega_z(t)$

Рассмотрим, как зависит погрешность результатов, которые находятся с помощью методов РК4 и РК7, от величины шага интегрирования. Для этого составим таблицу 1, где $\varepsilon_{\omega_x}, \varepsilon_{\omega_y}, \varepsilon_{\omega_z}$ – расхождение результатов, получаемых методами РК4 и РК7 в процентах. В таблице 1 содержатся величины расхождения результатов расчетов, определяемых посредством вычисления расхождений угловых скоростей при использовании четырехэтапного и семиэтапного методов Рунге-Кутты.

Таблица 1. Расхождение результатов при использовании РК4 и РК7

| | $\varepsilon_{\omega_x}, \%$ | $\varepsilon_{\omega_y}, \%$ | $\varepsilon_{\omega_z}, \%$ |
|-----|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 0,2 | 3,08E-03 | 1,44E-01 | 3,78E-05 |
| 0,4 | 6,92E-01 | 3,86E-01 | 4,45E-04 |
| 0,6 | 1,65E+01 | 1,04E+00 | 1,72E-03 |

Из таблицы 1 следует, что чем больше шаг интегрирования, тем больше величина расхождения решений между РК4 и РК7. При шаге большем 0,6 погрешность превышает 5%.

Выводы. Явные одношаговые методы Рунге-Кутты позволяют эффективно решать задачи по моделированию процесса успокоения вращательного движения микроспутника. Результаты численного моделирования показывают, что при шаге $h < 0,4$ интегрирования системы дифференциальных уравнений расхождение результатов при использовании семиэтапного метода Рунге-Кутты и классического метода РК4 не превышает и 1%. Однако, при модели-



ровании движения микроспутника на значительных интервалах времени следует использовать методы более точные, чем РК4.

Литература

1. Белецкий В.В., Хентов А.А. Вращательное движение намагниченного спутника. М.: Наука, 1985. 288 с.
2. Коваленко А.П. Магнитные системы управления космическими летательными аппаратами. М.: Машиностроение, 1975. - 248 с.
3. Lyubimov V.V., Malyshev V.I., Semkin N.D. Attitude control of small spacecraft with allowance made for failures in the system for decreasing angular momentums of flywheels// Gyroscopy and Navigation, 2013. Volume 4, Issue 4, Pages 216-222.
4. Любимов В.В. Об особенностях в возмущенном вращательном движении спутника с сильным магнитом на борту // Изв. вузов. Авиационная техника. 2009. №2. С.29-31.
5. Семкин Н.Д., Любимов В.В., Малышев В.И. Моделирование законов функционирования магнитных исполнительных органов при ориентации микроспутника по местной вертикали// Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2012. Том.15, № 1. С.103-108.
6. Хайрер Э., Нёрсетт С., Ваннер Г. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Нежесткие задачи. М.: Мир, 1990. – 512 с.

А.А. Львов, М.С. Светлов, Ю.А. Ульянина

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ОЦЕНКИ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ НЕДВОИЧНЫХ ПСП-КОДОВ

(Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Институт проблем точной механики и управления РАН)

В ответственных цифровых информационных системах широкое распространение получило применение метода ортогонального частотного разделения квадратурно-амплитудно модулированных сигнальных признаков и каскадного кодирования со скремблированием. Особенностью информационных каналов (ИК) в таких системах является использование кодовых псевдослучайных последовательностей (ПСП). Основные свойства систем с ПСП зависят от их статистических характеристик, одной из важнейших среди которых является автокорреляционная функция (АКФ), количественно характеризующаяся значениями ρ нормированного коэффициента корреляции.

Прямое вычисление нормированного коэффициента R избыточности, минимального кодового расстояния d_{\min} , кратностей r обнаружения и/или s исправления ошибок трансформации и/или e стирания для ПСП-кодов, особенно в режиме реального времени, – достаточно сложная задача. Вместе с тем, алгоритмически относительно не сложно определить статистические характери-



ки ПСП. Таким образом, применение недвоичных (K -ичных) корректирующих кодов в виде ПСП обусловило необходимость исследования взаимосвязи их параметров по помехоустойчивости и статистических характеристик.

Это может быть сделано с использованием формул границ избыточности [1, 2]. Анализ показал, что известные формулы границ избыточности реализуют потенциальную помехоустойчивость K -ичных кодов на достаточно не высоком уровне. На их основе синтезированы модифицированные формулы границ избыточности, которые позволили получить расчётные соотношения взаимосвязи параметров R , d_{\min} , (r, s, e) и нормированных коэффициентов ρ АКФ. При этом учтена модифицированная геометрическая интерпретация метрики K -ичных ПСП-кодов, согласно которой расстояния между ненулевыми символами (включая символы стирания) вдвое больше их расстояний от нулевого символа, в связи с чем вероятности p_{ij} трансформации ненулевых символов используемого алфавита друг в друга, а также p_{ix_j} стирания ненулевых символов в «чужие» символы стирания есть величины второго порядка малости по сравнению с вероятностями p_{0i} , p_{i0} трансформации и p_{0x_i} , p_{x_i0} стирания символов с участием нулевого символа ($i, j = 1, 2, \dots, K-1$; $i \neq j$; K – основание кодового алфавита) [3].

При использовании модифицированной границы избыточности Хемминга число контрольных разрядов ПСП-кода определяется формулой:

$$k = \log_K (K-1)^{0,5ae+bs} \frac{(an)^{0,5ae} (bn)^{bs}}{(0,5ae)!(bs)!} \prod_{i=1}^{K-1} \frac{\binom{K-1}{n \sum_{i=1}^{K-1} p_{ix_i}}^{0,5e \sum_{i=1}^{K-1} p_{ix_i}} \binom{K-1}{n \sum_{i=1}^{K-1} p_{i0}}^s}{\left(0,5e \sum_{i=1}^{K-1} p_{ix_i}\right)! \left(s \sum_{i=1}^{K-1} p_{i0}\right)!}, \quad (1)$$

а зависимость между избыточностью кода и кратностью исправляемых ошибок принимает вид:

$$R = k \left[\frac{(K-1)^{0,5ae+bs} a^{0,5ae} b^{bs}}{K^k (0,5ae)!(bs)!} \prod_{i=1}^{K-1} \frac{(p_{ix_i})^{0,5ep_{ix_i}} (p_{i0})^{sp_{i0}}}{(0,5ep_{ix_i})!(sp_{i0})!} \right]^{\frac{1}{c}}, \quad (2)$$

где n – длина (разрядность) кодового слова; k – число контрольных разрядов в

кодовом слове; $a = \sum_{i=1}^{K-1} p_{0x_i}$; $b = \sum_{i=1}^{K-1} p_{0i}$;

$$c = 0,5 \left(\sum_{i=1}^{K-1} p_{0x_i} + \sum_{i=1}^{K-1} p_{ix_i} \right) e + \left(\sum_{i=1}^{K-1} p_{0i} + \sum_{i=1}^{K-1} p_{i0} \right) s.$$



Алгоритм оценки помехоустойчивости K -ичных ПСП-кодов в каналах с ошибками трансформации и стирания (в K -каналах общего типа) по их кратностям представлен на рис. 1.

При использовании модифицированной границы избыточности Варшамова-Гилберта формулы (1), (2) принимают вид:

$$k = \log_K (K-1)^{ae+2bs} \frac{(an)^{ae} (bn)^{2bs}}{(ae)!(2bs)!} \prod_{i=1}^{K-1} \frac{\binom{K-1}{n \sum_{i=1}^{K-1} p_{ix_i}} e^{\sum_{i=1}^{K-1} p_{ix_i}} \binom{K-1}{n \sum_{i=1}^{K-1} p_{i0}} 2s^{\sum_{i=1}^{K-1} p_{i0}}}{\left(e \sum_{i=1}^{K-1} p_{ix_i} \right)! \left(2s \sum_{i=1}^{K-1} p_{i0} \right)!}, \quad (3)$$

$$R = k \left[\frac{(K-1)^{ae+2bs} a^{ae} b^{2bs}}{K^k (ae)!(2bs)!} \prod_{i=1}^{K-1} \frac{(p_{ix_i})^{ep_{ix_i}} (p_{i0})^{2sp_{i0}}}{(ep_{ix_i})!(2sp_{i0})!} \right]^{\frac{1}{c'}}, \quad (4)$$

где $c' = \left(\sum_{i=1}^{K-1} p_{0x_i} + \sum_{i=1}^{K-1} p_{ix_i} \right) e + 2 \left(\sum_{i=1}^{K-1} p_{0i} + \sum_{i=1}^{K-1} p_{i0} \right) s$.

При использовании модифицированной границы избыточности Плоткина формулы (1), (2) записываются в виде:

$$k = n \log_K \left(1 - \frac{n \sum_{i=1}^{K-1} (p_{0i} + p_{i0})}{K(K-1)(2s-1)} \right) \left(\frac{n \sum_{i=1}^{K-1} (p_{0x_i} + p_{ix_i})}{K(K-1)(e-1)} \right), \quad (5)$$

$$R = \log_K \left(1 - \frac{n \sum_{i=1}^{K-1} (p_{0i} + p_{i0})}{K(K-1)(2s-1)} \right) \left(\frac{n \sum_{i=1}^{K-1} (p_{0x_i} + p_{ix_i})}{K(K-1)(e-1)} \right). \quad (6)$$

Алгоритм, представленный на рис. 1, легко преобразовать для случаев использования формул Варшамова-Гилберта и Плоткина при замене формул (1), (2), соответственно, на формулы (3), (4) и (5), (6). Он справедлив и для частных случаев K -каналов: только с ошибками трансформации при $e = 0$ или стирания при $s = 0$.

Полученный алгоритм можно применить и к неразделимому коду, ставя ему в соответствие эквивалентный разделимый код, у которого число информационных разрядов определяется как $m = \log_K M_p$ (M_p – мощность рабочего кодового множества), а число контрольных разрядов как $k = n - m$.

Алгоритмы определения зависимостей нормированных коэффициентов R избыточности и ρ АКФ и минимального кодового расстояния d_{\min} синтезируются с учётом того, что $e = 0,5n(1 - \rho) - 2s - 1$; $s = 0,25n(1 - \rho) - 0,5(e - 1)$; $d_{\min} = 2s + e + 1$.

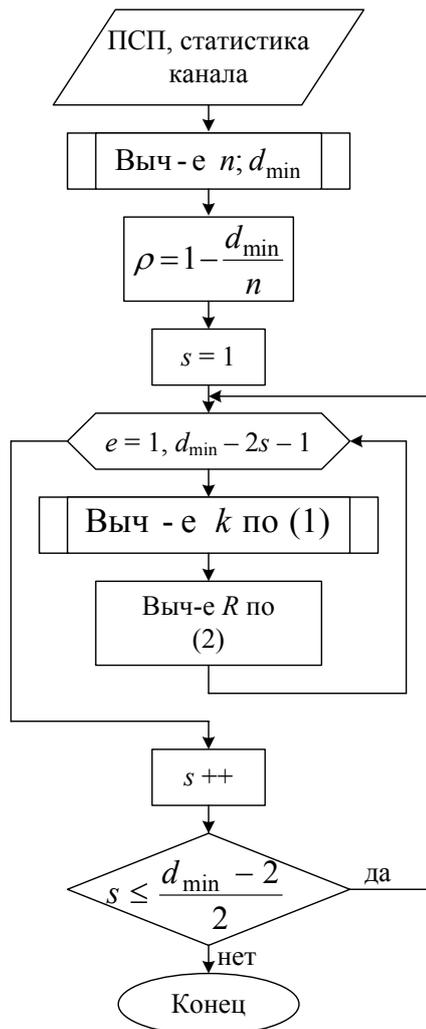


Рис. 1. Алгоритм оценки помехоустойчивости K -ичных ПСП-кодов в K -каналах общего типа по кратностям исправляемых ошибок

На базе моделирующего программного комплекса проведён сравнительный анализ помехоустойчивости K -ичных ПСП-кодов с использованием классических формул границ избыточности и модифицированных, полученных на их основе. В качестве примера на рис. 2–4 приведены графики зависимостей $d = d(\rho)$, $R = R(\rho)$ и $R = R(d)$ для троичных кодов при фиксированном числе информационных разрядов.

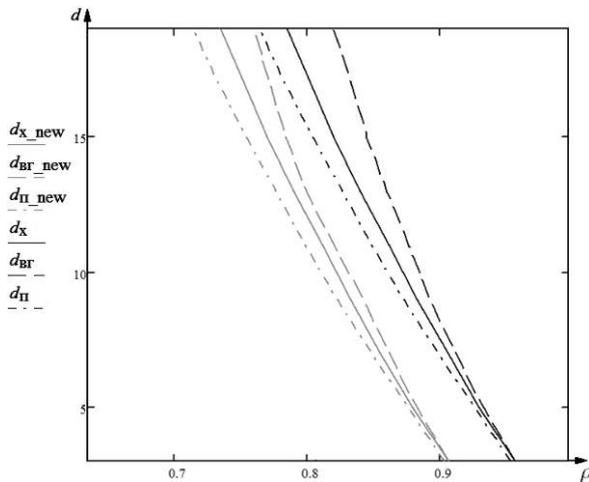


Рис. 2. Графики зависимостей $d = f(\rho)$

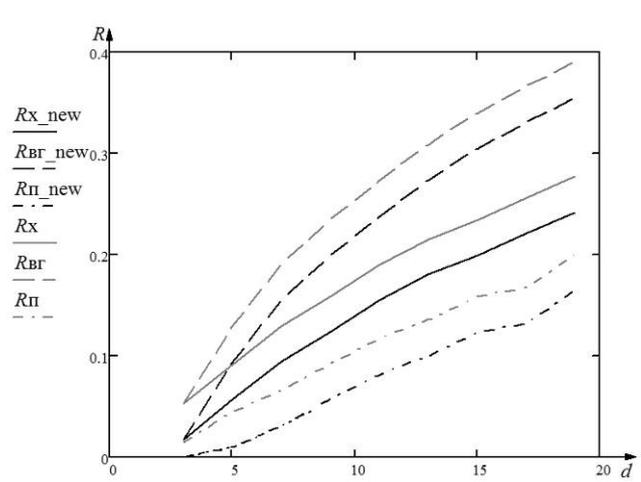


Рис. 3. Графики зависимостей $R = R(d)$

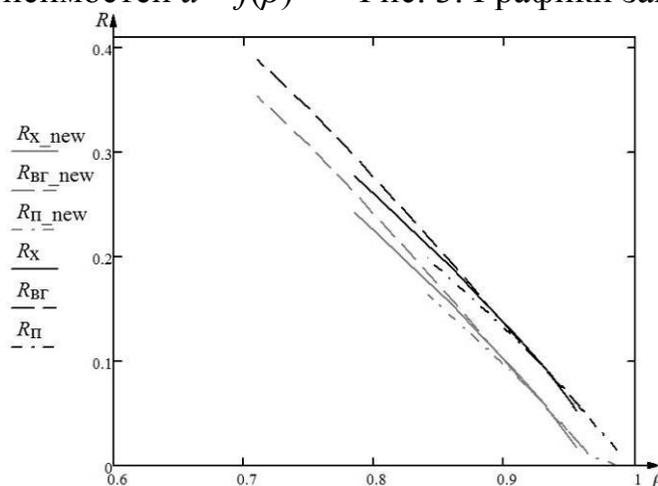


Рис. 4. Графики зависимостей $R = R(\rho)$

Как видно из графиков, использование модифицированных формул границ избыточности при фиксированной длине кода позволяет получать недвоичные коды большей избыточности, то есть с практической точки зрения ведёт к увеличению помехоустойчивости.

Таким образом, разработаны алгоритмы оценки помехоустойчивости недвоичных ПСП-кодов, учитывающие их метрические особенности, позволяющие синтезировать K -ичные ПСП-коды повышенной помехоустойчивости.

Литература

1. Berlekamp, E.R. Algebraic coding theory / E.R. Berlekamp. – New York, St. Louis, San Francisco, Toronto, London, Sydney: McGraw-Hill Book Company, 1968. – 478 p.
2. Потапов, В.Н. Теория информации. Кодирование дискретных вероятностных источников: учеб. пособие / В.Н. Потапов. – Новосибирск: НГУ, 1999. – 71 с.
3. Ульянина Ю.А. Оценка основных характеристик недвоичных ПСП-кодов / А.А. Львов, М.С. Светлов, Ю.А. Ульянина // АТМ-2013: сб. трудов III Междунар. науч. конф.: в 2 т. / под ред. А.А. Львова и М.С. Светлова. – Саратов: Издательский Дом «Райт-Экспо», 2013. Т. 2. С. 44-53.



Р.Ю. Макаров, В.Е. Зотеев

АППРОКСИМАЦИЯ КРИВЫХ ПОЛЗУЧЕСТИ НА ОСНОВЕ РАЗНОСТНЫХ УРАВНЕНИЙ

(Самарский государственный технический университет)

Поведение элементов конструкций в условиях ползучести остается актуальной технической задачей. Однако существующие методики определения параметров кривой ползучести обладают рядом недостатков. Так, одни из них требуют нескольких экспериментальных кривых ползучести [4], другие являются детерминированными, и не учитывают влияние случайной помехи, объективно существующей в результатах эксперимента [5]. Вследствие этого точность известных методов невелика, и возникает потребность в разработке новых методов для определения параметров кривой ползучести с целью повышения точности их оценки.

В соответствии с эмпирически предложенной моделью, уравнение кривой ползучести, описывающей три стадии ползучести, может быть представлено в виде [6]:

$$\hat{y}(t) = a_1(1 - e^{-\alpha_1 t}) + a_2(e^{\alpha_2 t} - 1), \quad (1)$$

где $a_1, a_2, \alpha_1, \alpha_2$ - параметры материала.

Предлагается новый численный метод оценки параметров модели (1), в основе которого лежит минимизация квадратов отклонений $\sum_{k=0}^{N-1} (y_k - \hat{y}_k)^2 \Rightarrow \min$.

Эта задача относится к классу задач нелинейной регрессии, методы решения которой описаны в [6], и сопряжены с трудностями, возникающими при решении появляющейся нелинейной системы уравнений.

Для построения линейно-параметрической дискретной модели, описывающей в виде рекуррентной формулы последовательные мгновенные значения деформации ползучести, рассмотрим значения зависимости $\hat{y}(t)$ в дискретные моменты времени с периодом дискретизации τ , и, в соответствии с (1), получим:

$$\hat{y}_k = a_1(1 - e^{-\alpha_1 \tau k}) + a_2(e^{\alpha_2 \tau k} - 1), k = \overline{0, N-1} \quad (2)$$

где N – объем выборки экспериментальных данных. Далее, подставляя в (2) вместо k значения $k-1$ и $k-2$, получим систему

$$\begin{cases} \hat{y}_{k-1} = a_s - a_1 e^{-\alpha_1 \tau k} e^{\alpha_1 \tau} + a_2 e^{\alpha_2 \tau k} e^{-\alpha_2 \tau} \\ \hat{y}_{k-2} = a_s - a_1 e^{-\alpha_1 \tau k} e^{2\alpha_1 \tau} + a_2 e^{\alpha_2 \tau k} e^{-2\alpha_2 \tau} \end{cases}, \quad (3)$$

линейную относительно функций $-a_1 e^{-\alpha_1 \tau k}$ и $a_2 e^{\alpha_2 \tau k}$, где $a_s = a_1 - a_2$. Решая данную систему, и подставляя решение в (2), получим:

$$\hat{y}_k = (e^{\alpha_2 \tau} + e^{-\alpha_1 \tau}) \hat{y}_{k-1} + (-e^{\alpha_2 \tau - \alpha_1 \tau}) \hat{y}_{k-2} + a_s (e^{\alpha_2 \tau - \alpha_1 \tau} - e^{\alpha_2 \tau} - e^{-\alpha_1 \tau} + 1).$$



В процессе идентификации параметров модели (1) необходимо учитывать, что экспериментальное значение y_k содержит в себе случайную помеху ε_k , то есть $y_k = \hat{y}_k + \varepsilon_k$, где \hat{y}_k – точное значение деформации ползучести, и, с учетом данного соотношения, получаем линейно-параметрическую дискретную модель, описывающую результаты наблюдений вида

$$\begin{cases} y_0 = 0, \\ y_1 = \lambda_4 + \varepsilon_1, \\ y_k = \lambda_1 y_{k-1} + \lambda_2 y_{k-2} + \lambda_3 - \lambda_1 \varepsilon_{k-1} - \lambda_2 \varepsilon_{k-2} + \varepsilon_k, k = \overline{2, N-1} \end{cases}, \quad (4)$$

где $\lambda_1 = e^{\alpha_2 \tau} + e^{-\alpha_1 \tau}$, $\lambda_2 = -e^{\alpha_2 \tau - \alpha_1 \tau}$, $\lambda_3 = a_s (e^{\alpha_2 \tau - \alpha_1 \tau} - e^{\alpha_2 \tau} - e^{-\alpha_1 \tau} + 1)$, $\lambda_4 = a_1 (1 - e^{-\alpha_1 \tau}) + a_2 (e^{\alpha_2 \tau} - 1)$. Модель (4) в виде обобщенной регрессионной модели примет вид

$$\begin{cases} b = F \lambda + \eta, \\ \eta = P_\lambda \varepsilon. \end{cases} \quad (5)$$

Здесь $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4)^T$ – вектор неизвестных коэффициентов линейно-параметрической дискретной модели; $\varepsilon = (0, \dots, \varepsilon_{N-1})^T$ – N -мерный вектор случайной помехи в результатах наблюдений; $\eta = (\eta_0, \eta_1, \eta_2, \dots, \eta_{N-1})^T$ – N -мерный вектор эквивалентного случайного возмущения в стохастическом разностном уравнении; $b = (y_0, y_1, \dots, y_{N-1})^T$ – N -мерный вектор правой части; $F = [f_1 : f_2 : f_3 : f_4]$ – матрица регрессоров размера $N \times 4$, столбцы которой описываются формулами: $f_1 = (0, 0, y_1, \dots, y_{N-2})^T$, $f_2 = (0, 0, y_0, \dots, y_{N-3})^T$, $f_3 = (0, 0, 1, 1, \dots, 1)^T$, $f_4 = (0, 1, 0, 0, \dots, 0)^T$.

Строки матрицы P эквивалентного возмущения, размера $N \times N$ в стохастическом разностном уравнении описываются формулами: $p_0 = (1, 0, 0, 0, \dots, 0)$, $p_1 = (-\lambda_1, 1, 0, 0, 0, \dots, 0)$, $p_2 = (-\lambda_2, -\lambda_1, 1, 0, 0, 0, \dots, 0)$, ..., $p_{N-1} = (0, 0, \dots, -\lambda_2, -\lambda_1, 1)$.

Для реализации минимизации функционала $\sum_{k=0}^{N-1} (y_k - \hat{y}_k)^2 \Rightarrow \min$ необходимо минимизировать следующий функционал [1,2]

$$\|\hat{\varepsilon}\|^2 = \|P_\lambda^{-1} b - P_\lambda^{-1} F \hat{\lambda}\|^2 \Rightarrow \min, \quad (6)$$

очевидно, что вычисленные таким образом оценки обеспечивают также минимальное отклонение $\|y - \hat{y}\|$ (в формате среднеквадратичного приближения) смоделированной функции, описывающей мгновенные значения \hat{y}_k от экспериментальных данных y_k . Минимизация функционала (6) приводит к решению нормальной системы уравнений, линейных относительно переменных λ_j . Для этого может быть применен численный итерационный метод. На первом шаге



алгоритма этого метода вычисляется начальное приближение $\hat{\lambda}^{(0)}$ -вектор МНК-оценок регрессионных коэффициентов: $\|\hat{\eta}\|^2 = \|b - F\hat{\lambda}\|^2 \Rightarrow \min$, откуда

$$\hat{\lambda}^{(0)} = (F^T F)^{-1} F^T b. \quad (7)$$

Затем на основе этих оценок формируется матрица $P_{\hat{\lambda}^{(0)}} = P(\hat{\lambda}^{(0)})$ и вычисляется обратная матрица $P_{\hat{\lambda}^{(0)}}^{-1}$. Если подставим эту матрицу в формулу (6), то получим линейную регрессионную модель вида $P_{\hat{\lambda}^{(0)}}^{-1} \hat{\lambda}^{(0)} = P_{\hat{\lambda}^{(0)}}^{-1} \hat{\lambda}^{(0)} F \lambda + \varepsilon^{(1)}$, где $\varepsilon^{(1)} = P_{\hat{\lambda}^{(0)}}^{-1} \hat{\lambda}^{(0)} \eta$. При этом функционал (6) принимает вид $\|\varepsilon^{(1)}\|^2 = \|P_{\hat{\lambda}^{(0)}}^{-1} b - P_{\hat{\lambda}^{(0)}}^{-1} F \hat{\lambda}\|^2 \Rightarrow \min$. Очевидно, что этот функционал является линейным относительно параметров λ_j . Его минимизация приводит к нормальной системе линейных алгебраических уравнений, решение которой имеет вид

$$\hat{\lambda}^{(1)} = [F^T (P_{\hat{\lambda}^{(0)}}^{-1})^T P_{\hat{\lambda}^{(0)}}^{-1} F]^{-1} F^T (P_{\hat{\lambda}^{(0)}}^{-1})^T P_{\hat{\lambda}^{(0)}}^{-1} b.$$

Вводя матрицу $\Omega_{\hat{\lambda}^{(0)}} = P_{\hat{\lambda}^{(0)}} P_{\hat{\lambda}^{(0)}}^T$, получаем формулу для вычисления уточненного приближения $\hat{\lambda}^{(1)} = [F^T \Omega_{\hat{\lambda}^{(0)}}^{-1} F]^{-1} F^T \Omega_{\hat{\lambda}^{(0)}}^{-1} b$. Это новое приближение вектора среднеквадратичных оценок коэффициентов разностного уравнения используется для вычисления матрицы $P_{\hat{\lambda}^{(1)}} = P(\hat{\lambda}^{(1)})$ и т.д. Таким образом, в основе алгоритма численного метода среднеквадратичного оценивания коэффициентов линейно-параметрической дискретной модели лежат рекуррентные формулы [1]

$$\begin{aligned} \hat{\lambda}^{(k)} &= [F^T \Omega_{\hat{\lambda}^{(k-1)}}^{-1} F]^{-1} F^T \Omega_{\hat{\lambda}^{(k-1)}}^{-1} b, \\ \Omega_{\hat{\lambda}^{(k)}} &= P_{\hat{\lambda}^{(k)}} P_{\hat{\lambda}^{(k)}}^T, \\ P_{\hat{\lambda}^{(k)}} &= P(\hat{\lambda}^{(k)}), k = 1, 2, 3, \dots \end{aligned}$$

Полученные среднеквадратичные оценки λ_j коэффициентов линейно-параметрической дискретной модели (4) используются при вычислении помехоустойчивых оценок параметров кривой ползучести $a_1, a_2, \alpha_1, \alpha_2$, посредством решения соответствующих систем:

$$\begin{cases} e^{\alpha_2 \tau} + e^{-\alpha_1 \tau} = \lambda_1, \\ -e^{\alpha_2 \tau - \alpha_1 \tau} = \lambda_2, \\ a_1(1 - e^{-\alpha_1 \tau}) + a_2(e^{\alpha_2 \tau} - 1) = \lambda_4, \\ a_1 - a_2 = \frac{\lambda_3}{e^{\alpha_2 \tau - \alpha_1 \tau} - e^{\alpha_2 \tau} - e^{-\alpha_1 \tau} + 1}. \end{cases}$$

Таким образом, разработан численный метод для определения параметров кривой ползучести. Проведены численно-аналитические исследования, подтверждающие справедливость выведенных соотношений.



Литература

1. Зотеев В.Е. Параметрическая идентификация диссипативных механических систем на основе разностных уравнений / Под ред. Радченко В.П. – М.: Машиностроение, 2009. – 344 с.
2. В. Е. Зотеев. “О сходимости итерационной процедуры среднеквадратичного оценивания коэффициентов линейно параметрической дискретной модели”, *Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки*, 1(18)(2009), 133–141.
3. В. П. Радченко, А. В. Симонов, Разработка автоматизированной системы построения моделей неупругого деформирования металлов на основе методов непараметрического выравнивания экспериментальных данных, *Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки*, 1999, выпуск 7, 51–62.
4. Самарин Ю.П. Построение экспоненциальных аппроксимаций для кривых ползучести методом последовательного выделения экспоненциальных слагаемых // *Проблемы прочности*. 1974. №9. С. 24-27
5. S.G.R. Brown, R.W. Evans and B. Wilshire. Exponential descriptions of normal creep curves. Department of Metallurgy and Materials Technology .University College, Singleton Park, Swansea, SA2 8PP, UK
6. Демиденко Е.З. Линейная и нелинейная регрессия. –М.: Финансы и статистика, 1981. –302 С.

Д.О. Маркин, В.В. Комашинский

МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ВНУТРИ ПОМЕЩЕНИЙ НА ОСНОВЕ СИГНАЛОВ БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ ДОСТУПА

(Академия ФСО России, г. Орёл)

Различные системы навигации и определения местоположения известны уже достаточно давно, однако в последнее время активно проводятся исследования способов определения местоположения внутри помещений и зданий. В отличие от определения местоположения на открытой местности, внутри зданий и помещений нет возможности использовать спутниковую навигацию из-за очень слабого сигнала, а также требования приложений использующих данные о местоположении субъекта внутри здания зачастую требуют высокой точности, соизмеримой с точностью определения местоположения, достигаемой в спутниковых системах навигации.

Достаточно детальный обзор беспроводных технологий и систем определения местоположения внутри помещений представлен в работе [1]. Все известных технологии и системы определения местоположения основываются на достаточно ограниченном наборе базовых принципов и алгоритмов, которые представлены на рисунке 1.

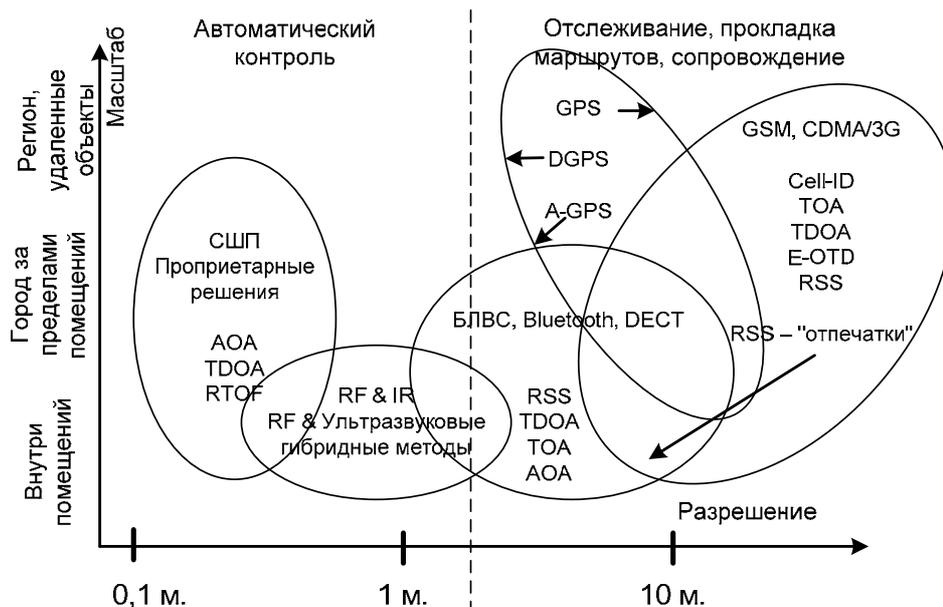


Рис. 1. Базовые принципы и алгоритмы определения местоположения

Для исследования и проверки эффективности ряда известных способов определения местоположения была разработана имитационная модель в среде AnyLogic, позволяющая: 1) проверить эффективность используемых математических методов определения местоположения внутри помещений; 2) определить параметры применяемых моделей, позволяющих получить наибольшую точность определения местоположения и наименьшую погрешность;

– получить наглядную демонстрацию в динамическом режиме технологии определения местоположения.

В разработанной имитационной модели использованы два подхода по определению местоположения:

– метод триангуляции на основе сигналов беспроводной сети доступа от нескольких точек доступа;

– метод k-ближайших соседей в сигнальном пространстве беспроводной сети доступа.

Для моделирования распространения сигналов использована модель, представленная следующим выражением

$$\frac{P_t}{P_r} = \frac{(4\pi R)^2}{\lambda^2}, \quad (1)$$

где P_t – мощность сигнала передающей антенны; P_r – мощность сигнала, поступающего на антенну; R – расстояние, пройденное сигналом между двумя антеннами; λ – длина волны несущей.

Мощность передатчика P_t , а также длина волны несущей λ известны, в соответствии с техническими характеристиками точки доступа. Расстояние R в имитационной модели известно на основе карты расположения помещений и их координат. Таким образом, для осуществления моделирования необходимо к



рассчитанной на основе выражения (1) мощности принимаемого сигнала добавить ошибку:

$$\tilde{P}_t = P_t + e(t). \quad (2)$$

В имитационной модели были заданы следующие статистические параметры ошибки $e(t)$: нормальный закон распределения вероятно, нулевое математическое ожидание – $M e(t) = 0$ и дисперсия $D e(t) = 1, 2, 3$.

Как показали результаты моделирования, при значении дисперсии ошибки измерения – $D e(t) = 3$ – получаемые значения мощности измерения сигнала соответствуют эмпирически полученным значениям, а также результатам, представленным в работе [2].

Для определения местоположения методом триангуляции сигналов от нескольких точек доступа использовались выражения:

$$\begin{cases} (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 = R_1^2 \\ (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 = R_2^2 \\ \dots \end{cases} \quad (3)$$

Для определения местоположения по методу k-ближайших соседей в сигнальном пространстве беспроводной сети доступа в имитационной модели: 1) была создана сетка измерений (карта измерений) на карте расположения помещений с изменяемым шагом (в исследовании использовался шаг измерений в 1 м., 2 м. и 3 м.); 2) каждой точке сетки измерений соответствовал набор измерений от нескольких точек доступа, полученный в соответствие с выражением (2); 3) местоположение пользователя мобильного устройство определялось на основе метрики Евклида. Расположение точек доступа беспроводной сети задавалось в соответствие с положением значка "📶".

Таким образом, в используемой модели регулируемые параметрами являются: уровень сигнала передающей антенны; длина волны несущей; статистические характеристики ошибки измерения (закон распределения, математическое ожидание, дисперсия); расположение точек доступа; идентификаторы точек доступа, используемых для метода триангуляции; шаг сетки измерений в карте измерений сигналов от точек доступа для метода k-ближайших соседей.

На рисунке 2 представлен пример работы модели в режиме сравнения точности используемых методов.

Сравнительный анализ функций плотности распределения и функций распределения вероятности ошибки определения местоположения для методов k-ближайших соседей и триангуляции представлен на рисунке 6. Из данного рисунка видно, что более точный метод из используемых – метод k-ближайших соседей, поскольку его функция распределения вероятности ошибки измерения местоположения для данного метода возрастает более медленно, чем для метода триангуляции.

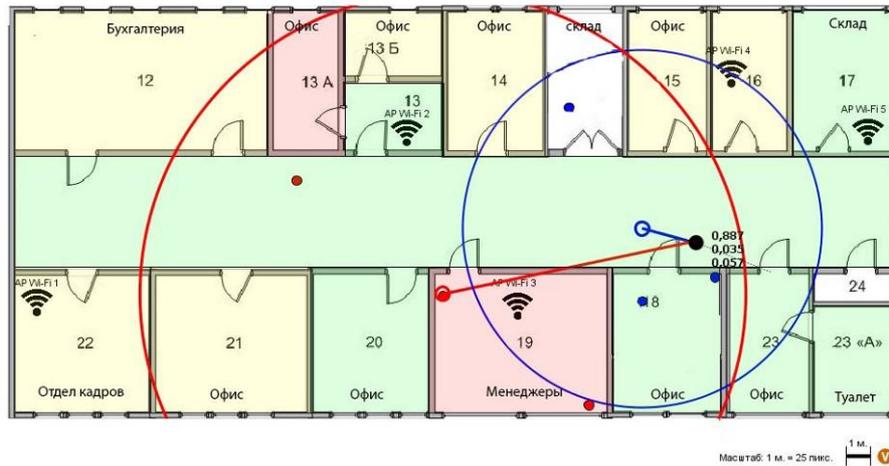


Рис. 2. Определение местоположения пользователя в имитационной модели

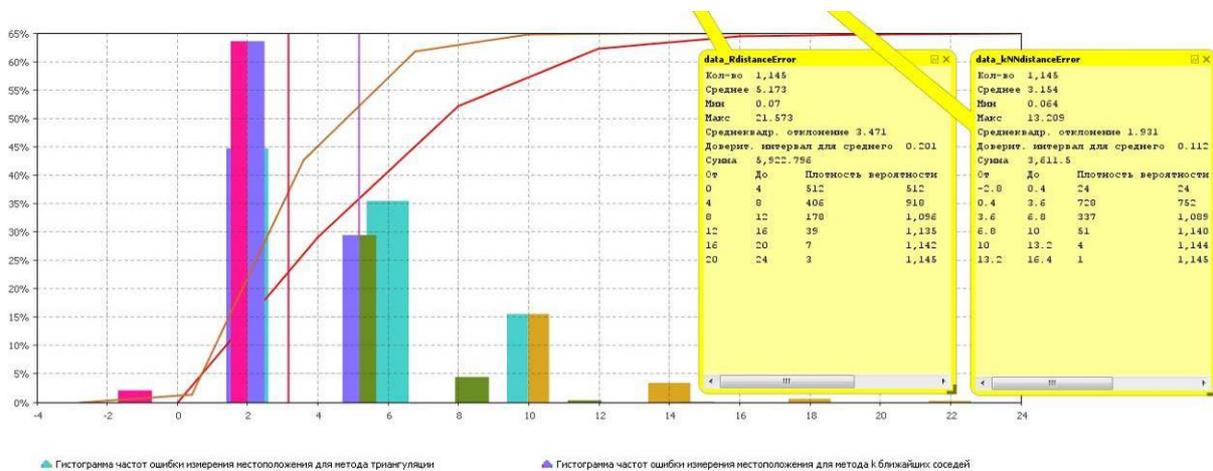


Рис. 3. Сравнительный анализ функций плотности распределения и функций распределения вероятности ошибки определения местоположения

В процессе имитационного моделирования задавались различные параметры модели и были получены следующие результаты:

- наиболее точный метод определения местоположения среди исследуемых – метод k-ближайших соседей;
- точность метода триангуляции существенно зависит от расположения точек доступа беспроводной сети и их количества;
- наибольшая точность определения местоположения методом триангуляции при использовании 3-х точек доступа;
- точность метода k-ближайших соседей существенно зависит от количества соседей и шага сетки измерений, при этом наибольшая точность определения местоположения методом k-ближайших соседей – при использовании 3-х ближайших соседей и шага сетки измерений в 1 метр.

Результаты проведенного имитационного моделирования соответствуют полученным результатам, представленным в работах [1-4], что свидетельствует об адекватности разработанной модели.



В процессе моделирования задавались различные параметры модели, в результате чего были полученные такие значения модели, при которых достигалась наименьшая погрешность определения местоположения пользователя мобильного устройства, что свидетельствует о чувствительности и точности представленной модели.

Разработанную модель целесообразно использовать в качестве инструмента для проведения исследований по использованию данных о местоположении пользователей мобильного устройства в практических приложениях.

Литература

1. Liu, H. Survey of Wireless Indoor Positioning Techniques and Systems / H. Lui, H. Darabi, P. Banerjee, J. Lui // IEEE Transactions On Systems, Man, And Cybernetics, part C: Applications And Reveiws, vol. 37, No. 6, Nov. 2007.
2. Bahl, P. RADAR: An in-building RF-based user location and tracking system / P. Bahl, V. N. Padmanabhan : Proc. IEEE INFOCOM 2000, Mar., vol. 2, pp. 775–784.
3. Bahl, P. Enhancements to the RADAR user location and tracking system / P. Bahl, V. N. Padmanabhan Microsoft Corp., Tech. Rep. MSR-TR-2000–12, Feb. 2000.
4. Youssef, M. Handling samples correlation in the Horus system / M. Youssef, A. K. Agrawala : IEEE INFOCOM 2004, Hong Kong, vol. 2, pp. 1023–1031, Mar. 2004.
5. Real Time Location System (RTLS) RFID-over-Wi-Fi Technology | Ekahau / Inc. Ekahau // Ekahau [Электронный ресурс] : сайт. – Электрон. дан. – 2014. Режим доступа: <http://www.ekahau.com/real-time-location-system/technology>. Дата обращения: 05.09.2014.

А.И. Пугачев

СТРАТЕГИЯ ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ СЫРЬЯ В СИСТЕМЕ ХРАНЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

(Самарский государственный технический университет)

В условиях, когда параметры качества партий перерабатываемого сырья отличаются друг от друга, сырье требуемого базисного качества получают путем смешивания сырья из разных партий [1, 2]. С этой целью сырье с разными показателями качества размещают в разных звеньях подсистемы хранения. Однако число их всегда ограничено, что заставляет размещать в каждом звене сырье из нескольких исходных партий с разным составом показателей качества. Это приводит к естественному смешиванию сырья с усреднением показателей качества.

В отсутствии стратегии оптимального размещение сырья возможности получения сырья базисного качества сильно ограничиваются. В качестве крите-



рия такой стратегии предлагается рассматривать достижение максимума сырьевой смеси базисного качества при размещении в системе хранения очередной партии сырья.

Исследуем влияние размещения партий на данный критерий сначала на примере сырья с одним показателем качества. В этом случае всякая партия r характеризуется количеством b сырья и показателем p качества. Пусть в системе имеется n элементов хранения, в которых размещены n партий сырья одного вида. Обозначим запасы сырья как $R = (r_i)$, $i = 1, \dots, n$, где $r_i = (b_i, p_i)$. При этом $b_s = \sum_{i=1}^n b_i$ – суммарное количество сырья, а $p_c = \frac{1}{b_s} \sum_{i=1}^n p_i b_i$ – среднее значение показателя качества в подсистеме хранения.

В качестве распределяемого ресурса, характеризующего количество и качество запасов, рассмотрим величину $p_c b_s$. Исследуем влияние закона изменения показателя $p(x)$ качества на максимальный объем сырья с базисным качеством в идеальной системе хранения с непрерывным распределением ресурса $p_c b_s$, на интервале $0, b_s$. Пусть $p(x)$ в общем случае описывается нелинейной функцией $p(x) = p_l + qx^v$, где p_l – минимальное значение p . При этом интегральной функцией $r(x)$ распределения ресурса будет

$$r(x) = \int_0^{b_s} p(x) dx = \int_0^{b_s} (p_l + qx^v) dx = p_l b_s + \frac{1}{v+1} q b_s^{v+1}. \quad (1)$$

Из условия $r(b_s) = p_c b_s$ следует, что $q = \frac{(v+1)(p_c - p_l)}{b_s^v}$. Отсюда

$$r(x) = p_l x + \frac{p_c - p_l}{b_s^v} x^{v+1}. \quad (2)$$

Обозначим через b_e максимальное количество смеси с базисным значением e показателя качества, которое можно получить из имеющихся запасов. Приравнявая $r(b_e) = e b_e$, получим:

$$b_e = b_s \sqrt[v]{\frac{(e - p_l)}{(p_c - p_l)}}, \text{ при } 0 < b_e \leq b_s. \quad (3)$$

Необходимым условием существования решения будет неравенство $p_c \geq e$. В противном случае, т.е. при $p_c \leq e$ функция $p(x)$ должна быть убывающей, например, $p(x) = p_h - qx^v$, где p_h – максимальное значение p . Тогда

$$r(x) = p_h x + \frac{p_h - p_c}{b_s^v} x^{v+1}. \quad (4)$$

В данном случае при $r(b_e) = e b_e$ решением будет



$$b_e = b_s \sqrt[2]{\frac{(p_h - e)}{(p_h - p_c)}}, \text{ при } 0 < x \leq b_s. \quad (5)$$

Проанализируем влияние степени нелинейности $p(x)$ на величину b_e . Для (3), учитывая, что $p_c \geq e$, вычислим $\lim_{\nu \rightarrow \infty} (b_s \sqrt[2]{\frac{(e - p_l)}{(p_c - p_l)}}) = b_s$. Таким образом, с ростом степени ν функции $p(x)$ $b_e \rightarrow b_s$. Аналогичный вывод справедлив и для решения (5). Следовательно, лучшее использование сырья с одним показателем качества достигается при нелинейных законах его распределения в системе хранения, причем рост степени нелинейности приводит к повышению коэффициента использования запасов сырья для производства.

Реальное распределение показателя качества сырья по звеньям хранения дискретно, а функция $r(x)$ – кусочно-линейная (рисунок 1). Тогда вместо степени нелинейности $r(x)$ можно оценить степень γ отклонения ее от линейного закона как отношение длины L графика $r(x)$ на интервале $\overline{0, b_s}$ к длине $L_0 = \sqrt{b_s^2 + (p_c b_s)^2}$ графика $r(x)$ наихудшего распределения при $p(x) = p_c$ на том же интервале:

$$\gamma = \frac{1}{L_0} \sum_{i=1}^n \sqrt{b_i^2 + (p_i b_i)^2}. \quad (6)$$

Переходя к общему случаю m -мерного пространства показателей качества при n звеньев хранения, где $L_0 = \sqrt{b_s^2 + \sum_{j=1}^m (p_{cj} b_s)^2}$ показатель γ можно определить как

$$\gamma = \frac{1}{L_0} \sum_{i=1}^n \sqrt{b_i^2 + \sum_{j=1}^m (p_{ij} b_i)^2}. \quad (7)$$

Пусть в систему хранения поступает новая партия $(b, \{p_j\} | j = 1, \dots, m)$. Размещение ее в любом звене хранения даст одно и то же значение $L_0 = \sqrt{(b_s + b)^2 + \sum_{j=1}^m (p_{cj} b_s + b p_j)^2}$. Влияние же на L зависит как от параметров поступающей партии, так и от параметров партии в выбранном для размещения звене хранения.

С точки зрения оптимизации по рассматриваемому критерию наиболее оптимальным будет размещение, при котором новое значение γ будет максимальным.

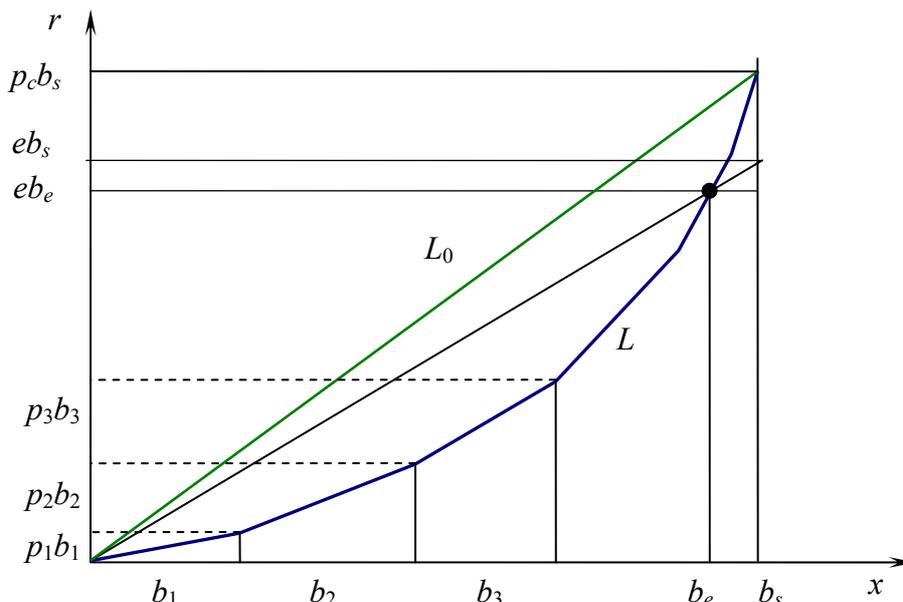


Рис. 1. Дискретное распределение ресурса $r(x)$ в системе хранения

Чтобы учесть добавление новой партии сырья в k -е звено хранения введем функцию $\text{par}(i, k) = 1 - |\text{sign}(i - k)|$. Очевидно, что $\text{par}(i, k) = 1$ лишь при $i = k$, иначе $\text{par}(i, k) = 0$. Тогда для всех $k = 1, \dots, n$ можно вычислить соответствующие значения $\gamma_1, \dots, \gamma_n$, где

$$\gamma_k = \frac{1}{L_0} \sum_{i=1}^n \left(\text{par}(i, k) b_i \sqrt{1 + \sum_{j=1}^m \left(\frac{b_i p_{ij} + \text{par}(i, j) b p_j}{b_i + \text{par}(i, k) b} \right)^2} \right). \quad (8)$$

Индекс I максимального элемента $\max(\gamma_1, \dots, \gamma_n)$ в $\gamma_1, \dots, \gamma_n$ соответствует звену хранения с таким же номером. Это и будет решением оптимального размещения новой партии сырья в системе хранения.

Рассмотренная стратегия размещения поступающих партий сырья в системе хранения повышает выход сырьевой смеси базисного качества и, соответственно, снижает долю сырья, непригодного для переработки, в общем объеме запасов.

Литература

1. Хедли Дж., Уайтин Т. Анализ систем управления запасами [Текст]. – М.: Наука, 1969. – 511 с.
2. Пугачев А.И. Управление размещением сырья на перерабатывающем предприятии [Текст]. – Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Технические науки», 2012 - № 4 (36) – Самара: СамГТУ, 2012. – с. 67 - 73.



Д.С. Ревунов, А.Д. Семенов

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ГОРЕНИЕМ ТОПЛИВА В КОТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКЕ

(Пензенский государственный университет)

Теплоэнергетика по уровню автоматизации занимает одно из ведущих мест среди других отраслей промышленности. Теплоэнергетические установки характеризуются непрерывностью протекающих в них процессов. При этом выработка тепловой энергии в любой момент времени должна соответствовать заданной нагрузке.

Регулирование процессов горения и парообразования в целом сводится к поддержанию вблизи заданных значений следующих величин:

- давления перегретого пара;
- разрежения в верхней части топки;
- избытка воздуха в топке, влияющего на экономичность процесса горения.

Подсистемы регулирования давления перегретого пара и разрежения в верхней части топки реализуется с использованием традиционных методов автоматического регулирования. Наряду с конструкцией топочного устройства и режимом работы котла, эффективность процесса горения зависит от качества работы систем автоматического регулирования подачи топлива и воздуха в топку котла. Основное влияние на экономичность процесса горения оказывает количество воздуха в топке. При сжигании топлива в топку должно быть подано определённое количество воздуха, содержащего кислород, необходимый для горения. Излишнее количество воздуха приводит к увеличению потерь тепла с уходящими газами, а недостаток воздуха может вызвать появление потерь от химической неполноты сгорания.

На практике применяется несколько видов систем регулирования соотношения «топливо-воздух». Наиболее распространенные из них:

1. система управления процессом горения, в которой поддерживается соотношение «топливо-воздух» в соответствии с заранее подготовленной режимной картой [1]. Недостатком данной системы является сложность составления режимной карты и неэффективность при определенных условиях (износ технологического оборудования, изменение состава топлива и т.д), что приводит к возникновению статической ошибки регулирования.
2. система управления процессом горения, в которой происходит экстремальное управление с обратной связью по тому или иному показателю качества работы котельной установки. Недостатком данной системы является низкое быстродействие и низкая помехозащищенность.



3. система управления процессом горения по составу дымовых газов. Недостатком данной системы является высокая стоимость и недолговечность сенсоров оксида углерода (или кислорода) и трудоемкость монтажа датчиков в дымовом тракте котельной установки.

Отличительной особенностью предлагаемой системы управления горением топлива является адаптация метода поиска экстремума [3] для систем оптимизации процесса горения топлива, т.е поиск в реальном времени оптимального соотношения «топливо-воздух», обеспечивающего заданную производительность котельной установки с минимальным расходом топлива.

Сущность данной системы управления заключается в следующем (рисунок 1):

1. С помощью датчиков измеряется текущее значение расхода топлива и воздуха, поддерживаемых с помощью соответствующих стандартных регуляторов топлива (РТ) и воздуха (РВ);
2. В блоке вычисления коэффициента передачи воздух-топливо (БВК) происходит вычисление коэффициента отношения расхода топлива к расходу воздуха;
3. В блоке поиска нуля (БПН) с помощью поисковых движений воздействующих на регулирующий орган подачи воздуха РВ добиваются, чтобы вычисляемый коэффициент был близок к нулевому значению [3].

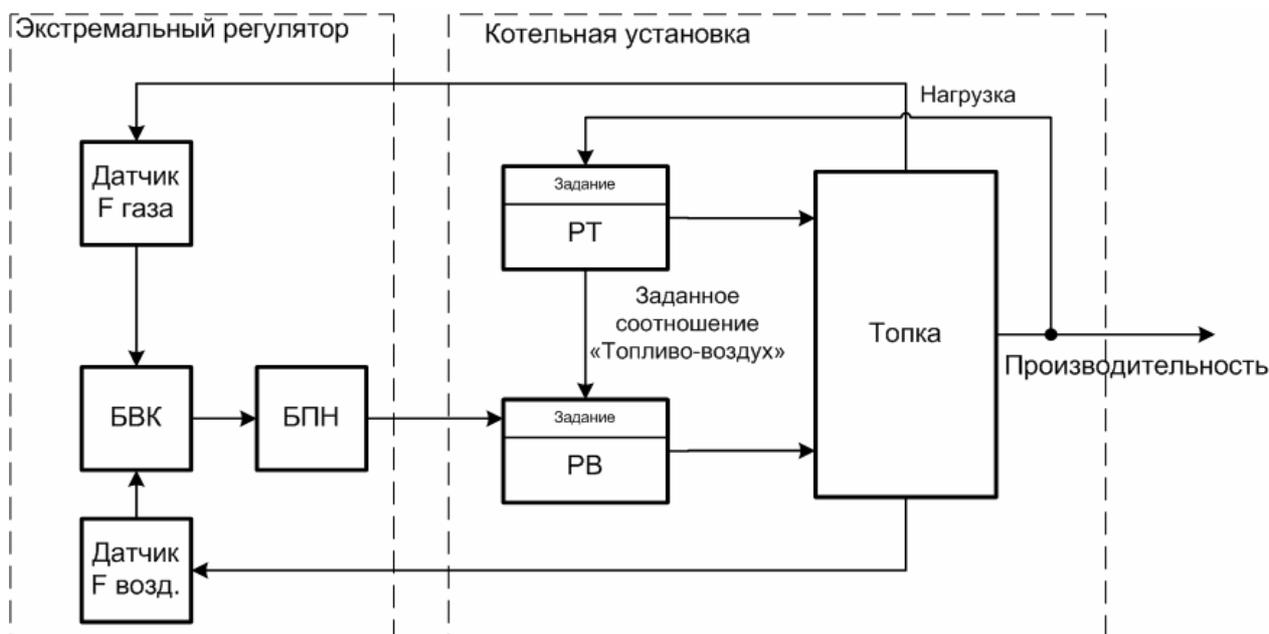


Рис. 1. Функциональная схема оптимизации процесса горения топлива

Сочетание новых признаков (см. п.1 и п.2 выше) с известным (см. п.3 выше) позволяет снизить удельный расход топлива на единицу производимой продукции котельной установки. Техническим результатом данной системы



управления является повышение эффективности работы котельной установки и снижение загрязнений атмосферы вредными продуктами.

Для оценки эффективности экстремального регулятора была разработана математическая модель процесса горения с экстремальным регулятором в приложении Simulink [4]. Модель (рисунок 3) включает в себя инерционный объект второго порядка с экстремальной характеристикой (рисунок 4) и экстремальным регулятором, в котором реализуется алгоритм рекуррентного вычисления коэффициента передачи и поиска нуля этого коэффициента k [4]. Дрейф экстремальной характеристики смоделирован с помощью гармонического низкочастотного воздействия и высокочастотных помех.

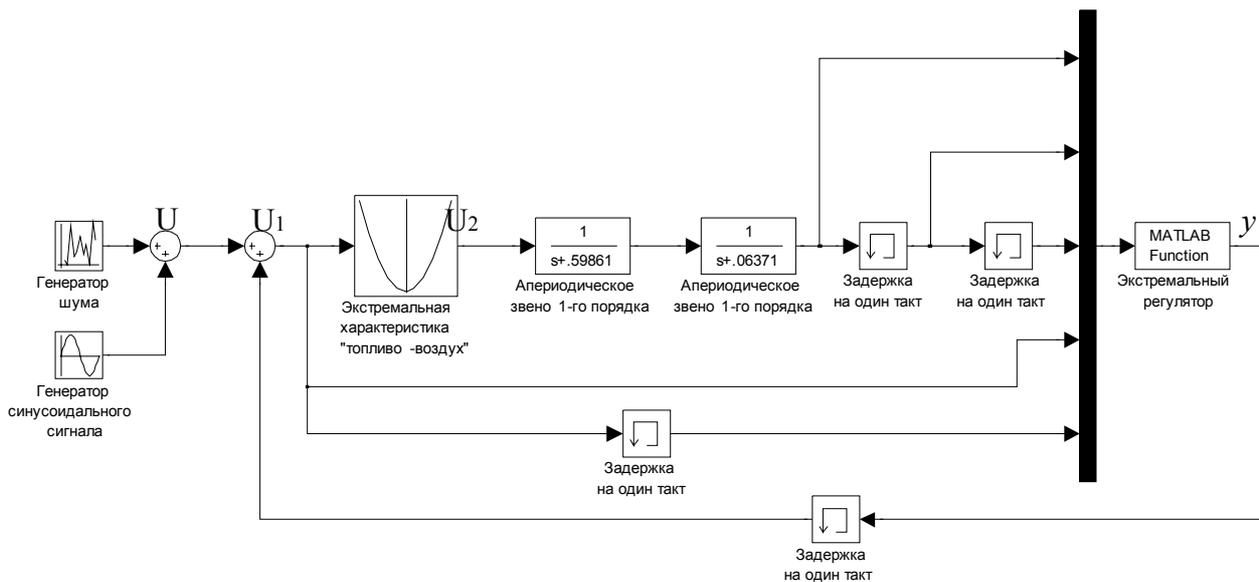


Рис. 3. Математическая модель процесса горения с экстремальным регулятором

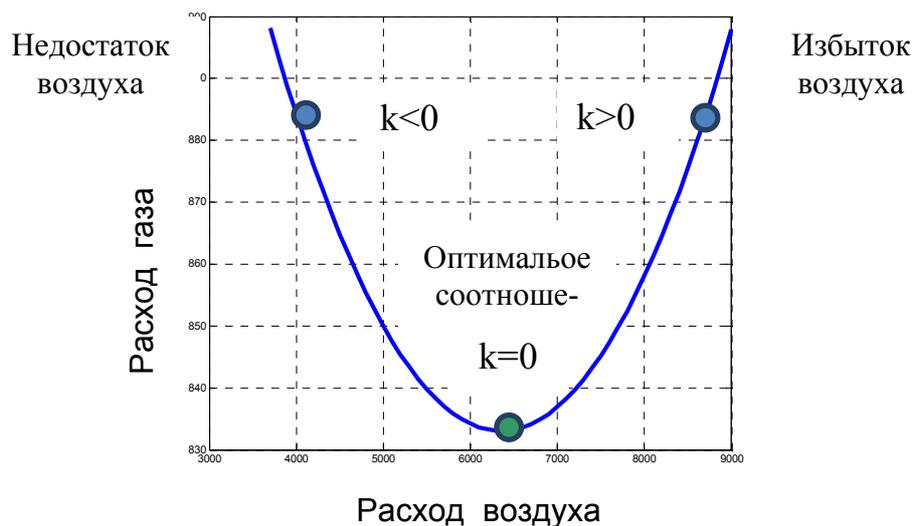
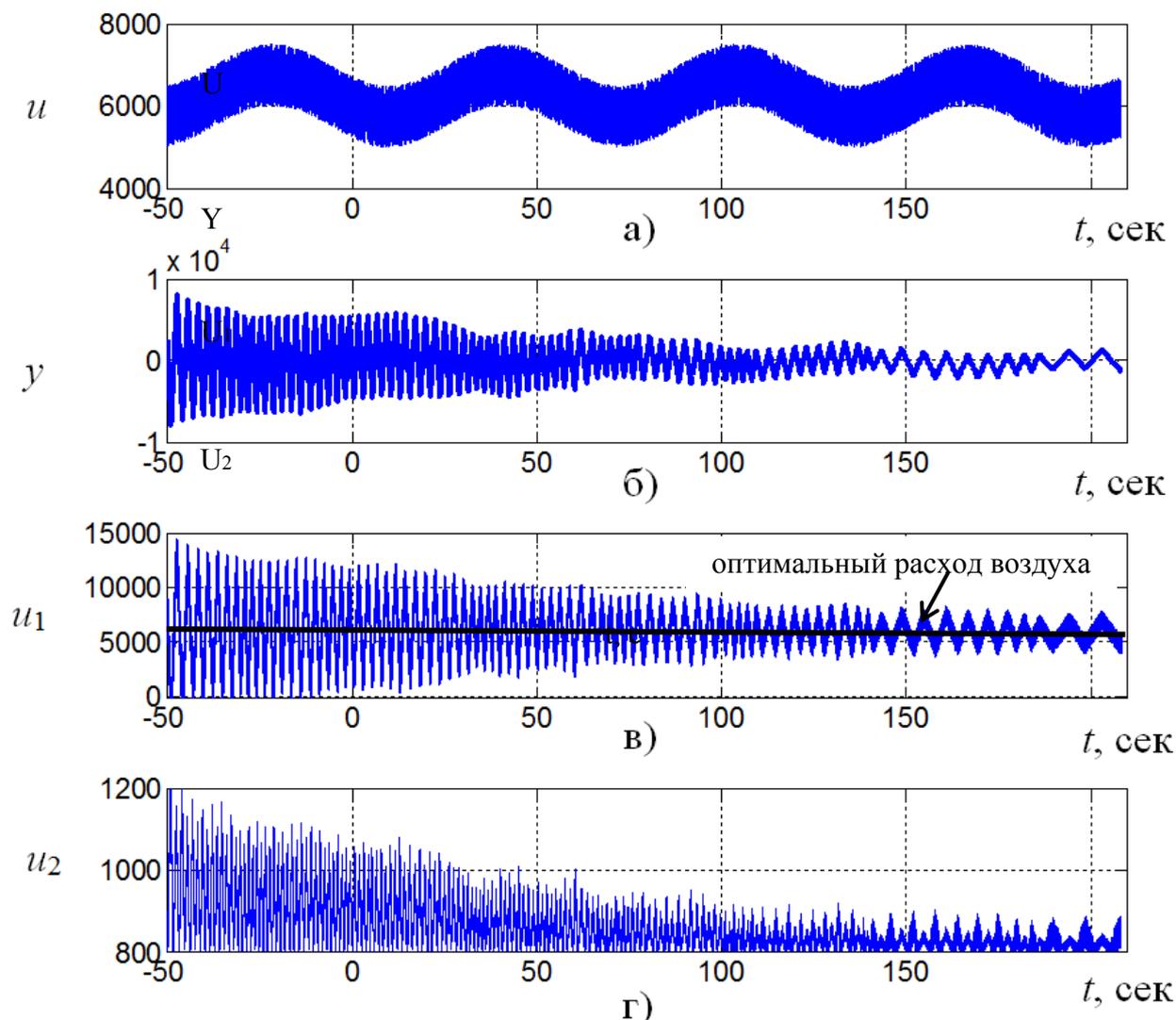


Рис. 4. Экстремальная характеристика «Топливо-воздух»

Анализ полученных результатов (рисунок 5) позволяет установить, что экстремальный регулятор, работающий в условиях помех, практически полностью исключает дрейф экстремума, вызванного воздействием гармонического сигнала.



На основании выше изложенного возможна разработка эффективной системы управления горением топлива в котельной установке.



- u – Дрейф экстремальной характеристики;
- y – Компенсирующий сигнал экстремального регулятора;
- $u1$ – ошибка регулирования;
- $u2$ – выходной сигнал с экстремального объекта;

Рис. 5. Результаты моделирования

Система управления горением может быть разработана на базе существующих программно-аппаратных средств, т.о. в контроллерном оборудовании будет функционировать как базовое ПО, так и специально разработанное ПО, в котором будут заложены необходимые алгоритмы экстремального регулирования.

Комплексное внедрение данной системы и настройка функциональных подсистем теплоэнергетических АСУ ТП может значительно увеличить КПД этих объектов. При этом можно ожидать как снижения расхода теплоэнергети-



ческих ресурсов, так и снижения аварийности и повышения надежности работы технологического оборудования.

Литература

- 1 Плетнев Г.П. Автоматизированные системы управления объектами тепловых электростанций. М.: изд. МЭИ, 1995.- 353 с.
- 2 Экстремальное регулирование котельного агрегата / Шмелев Н.В. и др. -Электрические станции. 1967. - №10.- с. 31-37.
- 3 Патент РФ 20119698/08, 16.05.2011.
- 4 Изерман Р. Цифровые системы управления.- М.: Мир, 1984.- 541 с.

Е.В. Симонова, Д.Ю. Мирошников

ОРГАНИЗАЦИЯ СЕТЕВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УСТРОЙСТВ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ MESH-СЕТИ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Введение

В области создания и использования космических аппаратов (КА) формируется новая тенденция создания орбитальных группировок, базирующихся на КА малой весовой размерности. Считается, что создание кластеров или «роя» из большого количества маломассогабаритных космических аппаратов (МКА) способно радикально изменить установившееся представление о роли и месте космических средств дистанционного зондирования (ДЗЗ) и значительно расширить нишу потребительских сервисов по сравнению с реализуемыми в настоящее время [1]. Важной частью построения подобных систем является организация сетевого взаимодействия множества устройств, количество и положение в пространстве которых не постоянно.

Постановка задачи

Пусть имеется некоторое число мобильных и стационарных устройств. Необходимо организовать сеть этих устройств (рисунок 1) такую, что мобильные устройства должны иметь возможность свободно перемещаться в пространстве, не теряя способности обмениваться друг с другом информацией по беспроводному каналу передачи данных, даже если какие-либо два устройства не находятся в зоне прямой радиовидимости. Это должно достигаться за счет способности устройств передавать данные в режиме ретрансляции. Сеть должна обладать свойством самоорганизации, т.е. добавление новых устройств в сеть будет происходить просто за счет достижения ими зоны радиовидимости любого устройства уже находящегося в сети, а узлы, уже находящиеся в ней, могут свободно покидать пределы сети и возвращаться в них. Стационарные устройства служат для получения или пересылки информации в сеть. Для общения с внешним миром они используют проводные среды передачи данных, а для взаимодействия с мобильными устройствами – радиосвязь.

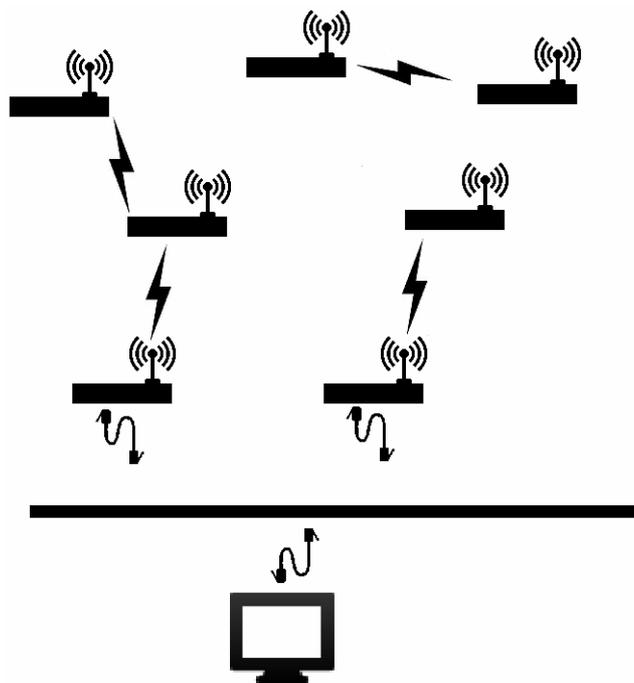


Рис. 1. Общая схема сети

Mesh-сети

Описанные свойства сети устройств являются основными свойствами Mesh-сетей, топология которых основана на децентрализованной схеме организации сети. Их отличительной особенностью является самоорганизующаяся архитектура, реализующая следующую функциональность[2]:

- создание зон сплошного информационного покрытия большой площади;
- масштабируемость сети (увеличение площади зоны покрытия и плотности информационного обеспечения) в режиме самоорганизации;
- использование беспроводных транспортных каналов (backhaul) для связи точек доступа в режиме "каждый с каждым";
- устойчивость сети к потере отдельных элементов.

Точки доступа, работающие в Mesh-сетях, не только предоставляют услуги абонентского доступа, но и выполняют функции маршрутизаторов/ретрансляторов для других точек доступа той же сети. Благодаря этому появляется возможность создания самоустанавливающегося и самовосстанавливающегося сегмента широкополосной сети [2].

Mesh протокол cjdns

Для построения Mesh-сети использовался Mesh протокол cjdns. Существует несколько его аналогов (таблица 1), различных по своим функциональным возможностям.



Таблица 1 – Сравнение Mesh протоколов

| | CJDNS | B.A.T.M.A.N. | DTN | Netsukuku | OSPF |
|--------------------------------|--------------|--------------|----------|-----------|-----------|
| Авто-назначение адреса | Да | Нет | Нет | Да | Нет |
| Авто-конф. Маршрутизация | Да | Да | Да | Да | Частично |
| Распределенная маршрутизация | Да | Да | Да | Да | Частично |
| Объединение сетей | Да | Нет | Нет | Нет | Нет |
| IPv4/v6 | IPv6 | IPv4/v6 | IPv4/v6 | IPv4 | IPv4 |
| Шифрование трафика внутри сети | Да | Нет | Нет | Нет | Нет |
| Авто-настройка | Да | Да | Да | Нет | Да |
| Разработка | Активная | Закончена | Активная | Нет | Закончена |
| Поддержка UNIX\LINUX\OpenWRT | Да | Да | Да | Да | Да |
| Поддержка Windows | В разработке | Нет | Нет | Нет | Нет |
| Поддержка Mac OS X | Да | Да | Да | Да | Да |
| Потребление ресурсов | Низкое | Низкое | Низкое | Высокое | Низкое |
| Интеграция в ядро Linux | Нет | Да | Нет | Нет | Да |

Среди них большими возможностями обладает cjdns. Он по умолчанию обеспечивает функционирование зашифрованной IPv6 сети, в которой используются публичные ключи шифрования для присвоения публичного адреса [3]. Для построения Mesh-сети на узлы необходимо лишь установить ПО, реализующее протокол cjdns. С помощью данного ПО генерируется файл настроек, в котором узлу присваиваются IPv6 адрес, публичный и приватный ключи шифрования трафика. Далее в этом же файле всего лишь необходимо указать, по какому сетевому интерфейсу, доступному устройству, необходимо осуществлять поиск других узлов сети.

Используемое оборудование

В качестве устройств, которые были объединены в Mesh-сеть, использовались Raspberry Pi 2. Raspberry Pi 2 представляет собой одноплатный компьютер размером с банковскую карту. Его основой является однокристальная система Broadcom BCM2836 с четырьмя ядрами ARMv7 Cortex-A7 частотой 900 МГц и Broadcom VideoCore IV 250 МГц, 1 гигабайт ОЗУ. На плате находится набор низкоуровневых интерфейсов, которые позволяют подключать к Raspberry Pi платы расширения, внешние контроллеры, датчики и прочие аксессуары. Так, на плате есть 15-пиновые слоты CSI-2 для подключения камеры и DSI для установки дисплея. Также имеет ся колодка на 40 линий ввода-вывода общего назначения (GPIO, General Purpose Input/Output). На них же реализованы интерфейсы UART, консольный порт, SPI и I²C. Raspberry Pi способен работать под управлением большинства дистрибутивов Linux, но разработчики этого компьютера подготовили специальные версии популярных дистрибутивов (дистрибутив Debian, получивший название Raspbian, Fedora, названная Pidora, и др.), настроенные специально под оборудование Raspberry Pi.

Обширные возможности для подключения периферийных устройств, операционные системы, оптимизированные под оборудование компьютера, большое количество периферийных модулей, сделанных специально для этого компьютера, делают Raspberry Pi 2 удобной для постановки различных экспериментов со взаимодействием устройств, а широкое его распространение позволяет быстро находить решения преодоления трудностей в установке и настройке различного оборудования или программного обеспечения.

Связь компьютеров друг с другом была организована через Wi-Fi адаптеры, настроенных на режим работы ad-hoc. В отличие от стандартного режима



infrastructure, Wi-Fi адаптеры способны обмениваться данными напрямую друг с другом без участия в обмене единой точки доступа.

Прототип Mesh-сети

Был построен прототип Mesh-сети из трех устройств. Одно из них мобильное и оснащено камерой. Второе устройство стационарное и служит для доступа к Mesh-сети извне. На нем настроен сетевой мост, позволяющий компьютерам в локальной сети получать данные из Mesh-сети. Третье устройство служит промежуточным узлом в Mesh-сети между стационарным устройством и устройством с камерой.

Для демонстрации возможностей данной сети был поставлен эксперимент по получению видеосигнала из этой сети. Для этого устройство, оснащенное камерой, создает веб интерфейс, доступный по IPv6 адресу, в котором отображается изображение, получаемое с камеры. Изначально включены только устройство с камерой и стационарное. Они находятся в зоне прямой радиовидимости друг друга (рисунок 2а). При этом сигнал поступает с устройства с камерой и через стационарное устройство перенаправляется в локальную сеть. В браузере компьютера, находящегося в локальной сети, был доступен веб интерфейс устройства с камерой. После отдаления мобильного узла сети (рисунок 2б) соединение разрывалось, и трансляция видеосигнала прерывалась. Затем было включено промежуточное устройство и помещено между мобильным и стационарным узлами (рисунок 2в). При этом Mesh-сеть самоорганизовывалась, и трансляция видеосигнала возобновлялась.

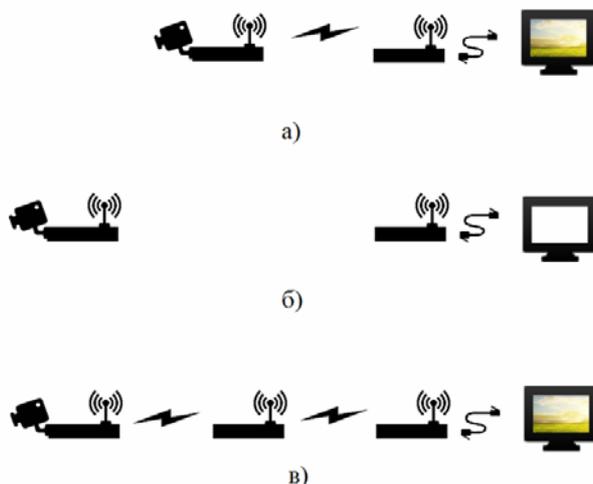


Рис. 2. Результаты эксперимента: а) мобильное и стационарное устройства в зоне прямой видимости; б) мобильное и стационарное устройства вне зоны прямой видимости; в) между мобильным и стационарным устройствами добавлен промежуточный узел.

Заключение

При использовании протокола sjdns и описанного выше оборудования получилось организовать сеть устройств, взаимодействующих друг с другом. Был поставлен эксперимент, показывающий работоспособность данной сети,



способной к масштабированию, самоорганизации, передаче данных через промежуточные узлы.

Литература

1. А.Б. Иванов, А.А. Жилиев, И.В. Майоров, Е.В. Симонова, П.О. Скобелев, В.С. Травин, В.К. Скирмунт, Н.Р. Стратилатов, С.В. Тюлевин. Адаптивное планирование сеансов связи малых космических аппаратов в сети наземных пунктов приема информации на основе мультиагентных технологий // XII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014, Москва, 16 – 19 июня 2014 г.: Труды. [Электронный ресурс] М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2014. – С. 8975-8983. Электрон. текстовые дан. (1074 файл: 537 МБ). 1 электрон. опт. диск (DVD-ROM). ISBN 978-5-91459-151-5. Номер государственной регистрации: 0321401153.
2. И.Е. Осипов. Mesh-сети: технологии, применение, оборудование // Технологии и средства связи. – 2006, №4. – С. 38-45.
3. Cjdns [Электронный ресурс] // The free content wiki for project meshnet and supporting projects. Режим доступа: <https://wiki.projectmeshnet.org/Cjdns> (дата обращения: 17.02.2015) – Загл. с экрана.

Е.В. Симонова, И.В. Осипов

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ЦЕЛЕВОГО ПРИМЕНЕНИЯ ГРУППИРОВКИ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Введение

Развитие микроэлектроники и достижения в области планирования сеансов связи привели к росту интенсивности эксплуатации космических аппаратов (КА). Появилась возможность ставить задачи не только отдельным КА, но и их группировкам – объединениям спутников, обладающих различными возможностями целевого применения. Современные подходы к решению задач планирования обеспечивают динамическое изменение расписаний выполнения поставленных задач [1-2]. В связи с этим появляется потребность в мониторинге за состоянием ресурсов группировки КА, распределением заявок на съемку и прогрессом в решении поставленных задач. Существующие системы мониторинга целевого применения КА представлены в стационарном (пакетном) виде и разрабатываются специально под каждый космический аппарат. Для их применения необходимо предварительно установить на компьютер пользователя дистрибутив системы, для обновления которого потребуется установить либо специальные пакеты обновлений, либо, если данная возможность не предусмотрена, переустановить программное обеспечение. В то же время, при решении задачи наблюдения за группировками КА возникает потребность в непрерывной работе системы, что затрудняет использование пакетных программных средств.

Постановка задачи



Пусть пользователю необходимо выполнить операции съемки некоторых районов Земли с помощью КА и для этого использовать систему планирования задач для группировок спутников. Под группировкой КА понимается множество устройств, объединенных в группы для выполнения целевых задач. В зависимости от конкретной ситуации (количество и приоритет отдельных задач, загруженность наземных станций, объем свободной памяти КА и т.д.) динамически происходит перепланирование съемки и сброса снимков, а для каждого КА в группе определяется конкретная задача. Необходимо разработать систему мониторинга, которая предоставит пользователю информацию о планировании съемки, передачи снимков и загруженности КА. В системе используются следующие сущности: космический аппарат, наземная станция, район наблюдения (РН), снимок. Наземная станция обеспечивает связь с КА и является пунктом приема информации (ППИ). Район наблюдения – некоторый участок земли, снимки которого необходимо получить. Снимок – графическая информация, которую требуется отправить со спутника пользователю. Взаимодействие происходит следующим образом: пользователь создает заявки на съемку РН, расписание съемки динамически перепланируется, КА в соответствии с планом, производит съемку требуемых РН, затем передает снимки на определенный в ходе планирования ППИ, откуда снимки перенаправляются на сервер и становятся доступными для пользователя.

Система мониторинга должна обеспечивать решение следующих задач:

- отображение РН и ППИ на карте мира;
- ввод заявок на съемку РН;
- отображение временных интервалов видимости спутниками РН и ППИ;
- отображение динамики работы КА в виде графика используемого объема памяти и интервалов съемки и сброса;
- отображение списков РН, КА, ППИ;
- добавление и удаление новых объектов системы;
- контроль входных и выходных данных.

Описание прототипа системы

Прототип системы организован в виде сервиса, предоставляющего пользовательский веб-интерфейс для остальной части системы с сервис-ориентированной архитектурой. Для разработки используется язык Java, а также такие инструменты как Vaadin 7.4.0, Google Web Toolkit (GWT) и спецификация OSGI версия 4.2 (Open Services Gateway Initiative) [3].

Основной задачей при разработке системы является отображение различной информации в окне веб-браузера. Данные динамически обновляются, придавая интерактивность страницам. Одним из способов создания интерактивных веб-страниц является использование языка JavaScript (JS) и технологии AJAX (Asynchronous Javascript and XML). Используемые средства Vaadin и GWT обеспечивают компиляцию исходного кода, написанного на языке Java в JS (с некоторыми ограничениями), и генерацию html. При этом приложение остается кросс-браузерным, а также поддерживается браузерами мобильных устройств, что обеспечивает возможность работы с системой из любого места при наличии



доступа к Интернет. Использование указанного инструментария позволяет разрабатывать бизнес-логику и интерфейс системы исключительно на языке Java и только в редких случаях требует поверхностных знаний JavaScript. При разработке системы были использованы и доработаны GWT компоненты для отображения графиков и диаграмм.

В прототипе системы реализованы следующие функции:

- Отображение на карте мира ППИ и РН (рисунок 1). Для реализации этой возможности в системе используется дополнение GoogleMaps Add-on, которое является оберткой над JS для работы с картами с помощью средств языка Java.
- Ввод заявки на съемку РН происходит после нажатия кнопки добавления (рисунок 1). Пользователю необходимо последовательно отмечать на карте вершины полигона РН, затем зафиксировать выбранную область.
- Отображение временных интервалов видимости между спутниками, РН и ППИ (рисунок 1). Для визуализации временных интервалов был использован GWT компонент – диаграмма Ганта.

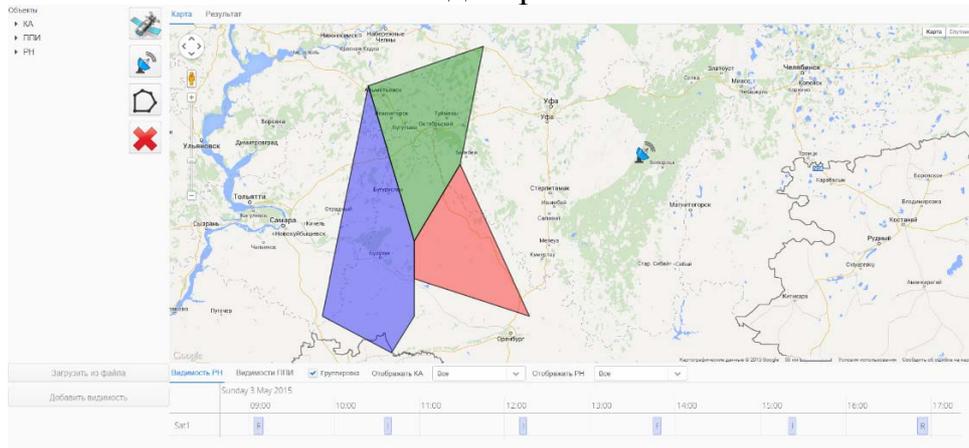


Рис. 1. Карта мира с ППИ, РН и диаграмма Ганта

- Отображение списков РН, КА, ППИ (рисунок 2).

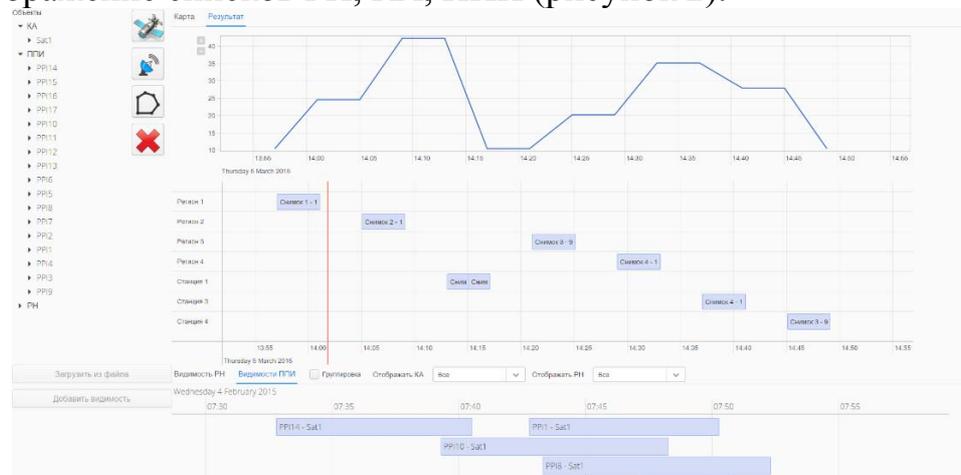


Рис. 2. Диаграмма Ганта и список объектов



- Отображение динамики работы КА (рисунок 2). Для отображения графика используемой памяти КА и интервалов сброса и съемки снимков был разработан специальный GWT компонент, который является синхронизированной по времени парой компонентов графика и диаграммы Ганта. Данная диаграмма отображает динамику запланированной работы на КА и в соответствии с планом обновляется.
- Добавление и удаление объектов (рисунок 3).
- Контроль входных и выходных данных (рисунок 3). Для обеспечения целостности данных производится контроль входных данных и отказ в сохранении в случае несоответствия типу или допустимому диапазону значений.

Рис. 3. Добавление нового объекта системы с контролем ввода

Заключение

Был создан прототип автоматизированной системы мониторинга целевого применения группировки КА. Прототип обеспечивает базовые возможности для работы с системой: визуализацию ППИ и РН на карте мира, отображение списка объектов системы, добавление заявок на съемку РН, отображение временных интервалов видимости космическим аппаратом ППИ и РН, отображение динамики работы КА, контроль входных и выходных данных, а также добавление и удаление объектов системы.

В перспективе необходимо предусмотреть возможность авторизации пользователя, добавить средства для просмотра полученных снимков, визуализацию трасс и зон видимости КА, средства для работы с несколькими группами спутников.

Литература

1. Скобелев П.О., Соллогуб А.В., Иващенко А.В., Симонова Е.В., Степанов М.Е., Царев А.В. Мультиагентные технологии в задачах дистанционного зондирования земли // Труды XIII Международной конференции “Проблемы управления и моделирования в сложных системах”. – 2011. – С. 426-434.
2. Симонова Е.В., Жилиев А.А., Иванов А.Б., Скобелев П.О., Майоров И.В. Мультиагентное планирование потоков данных в сети наноспутников и наземных станций // Труды Международной научно-технической конференции “Перспективные информационные технологии – 2013”. – 2013. – С. 365-369.



3. OSGi Service Platform Core Specification [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://osgi.org/download/r4v42/r4.core.pdf> (дата обращения: 09.03.2014). – Загл. с экрана.

А.А. Степанов, А.И. Хаймович

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ИНСТРУМЕНТА И ДЕТАЛИ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королёва (национальный исследовательский университет))

При производстве деталей авиационной техники на этапе точной обработки пазов и отверстий методом протягивания одним из актуальных вопросов является вопрос назначения рациональных технологических режимов резания и выбора геометрических параметров протяжек [1]. Основными дефектами инструмента в процессе высокопроизводительного протягивания являются усиленный износ и поломка зубьев протяжки, а также повышенная упругая деформация зубьев из-за усиленной нагрузки на зуб. Данные факторы приводят к браку из-за нарушения геометрии обрабатываемых деталей. С учётом расчётной схемы (рис. 1) на каждый зуб протяжки действуют главная P_z и радиальная P_y составляющие силы резания. Силы резания P_z и P_y определяют по формулам [2]:

$$\begin{aligned} P_z &= 1.15 \times b_z \times (C_1 \times S_z^x + C_2 k + C_3 V - C_4 \gamma - C_5 \alpha), \\ P_y &= 1.15 \times b_z \times (C_6 \times S_z^y + C_7 v - C_8 \gamma - C_9 \alpha), \end{aligned} \quad (1)$$

где b_z – суммарная ширина срезаемого одним зубом слоя, мм, S_z – подъем на зуб, мм/зуб, k – число канавок, v – скорость резания, м/мин, γ – передний угол зуба протяжки, град, α – задний угол зуба протяжки, °, $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7, C_8, C_9, x, y$ – постоянные коэффициенты, зависящие от вида обрабатываемого материала. Регрессионные модели оцениваемых параметров имеют вид:

– для эквивалентных напряжений σ , Па (по Губеру - Мизесу):

$$\sigma_{\text{эKB}} = C_\sigma \times S_z^{C_{S_z\sigma}} \times \beta^{C_{\beta\sigma}} \times V^{C_{V\sigma}} \quad (2)$$

где $C_\sigma, C_{S_z\sigma}, C_{\beta\sigma}, C_{V\sigma}$ – постоянные величины, S_z – подъем на зуб, мм/зуб; β – угол заострения, град; V – скорость резания, м/мин;

– для максимальных касательных напряжений i , Па

$$\tau_{\text{max}} = C_i \times S_z^{C_{S_z i}} \times \beta^{C_{\beta i}} \times V^{C_{V i}} \quad (3)$$

где $C_i, C_{S_z i}, C_{\beta i}, C_{V i}$ – постоянные величины, S_z – подъем на зуб, мм; β – угол заострения, °; V – скорость резания, м/мин;

– для статических перемещений p по вершине зуба, мм



$$p = C_p \times S_z^{C_{szp}} \times \beta^{C_{\beta p}} \times V^{C_{vp}} \quad (4)$$

где C_p , C_{szp} , $C_{\beta p}$, C_{vp} - постоянные величины, S_z – подъем на зуб, мм/зуб; β – угол заострения, град; V – скорость резания, м/мин;
– для коэффициентов запаса прочности K_σ по эквивалентным напряжениям

$$K_\sigma = C_{K_\sigma} \times S_z^{C_{szK_\sigma}} \times \beta^{C_{\beta K_\sigma}} \times V^{C_{vK_\sigma}} \quad (5)$$

где C_{K_σ} , C_{szK_σ} , $C_{\beta K_\sigma}$, C_{vK_σ} - постоянные величины, S_z – подъем на зуб, мм; β – угол заострения, °; V – скорость резания, м/мин;
– для коэффициентов запаса прочности K_τ по максимальным касательным напряжениям

$$K_\tau = C_{K_\tau} \times S_z^{C_{szK_\tau}} \times \beta^{C_{\beta K_\tau}} \times V^{C_{vK_\tau}} \quad (6)$$

где C_{K_τ} , C_{szK_τ} , $C_{\beta K_\tau}$, C_{vK_τ} - постоянные величины, S_z – подъем на зуб, мм; β – угол заострения, °; V – скорость резания, м/мин;

Результаты технической апробации феноменологических моделей оценочных значений НДС процесса протягивания приведены на примере протягивания венца зубчатого колеса. Из рисунка 1 видно, что работа инструмента в условиях, когда фактическое значение напряжения не превышает допускаемого напряжения, соответствует точкам 2 и 4 графика, т.е. параметрам второго и четвертого опыта в матрице планирования. Расчетное смещение зубьев протяжки не превышает поля допуска $\Delta T = 0.084$ мм (2×0.0023 мм = 0.0046 мм < 0.084 мм).

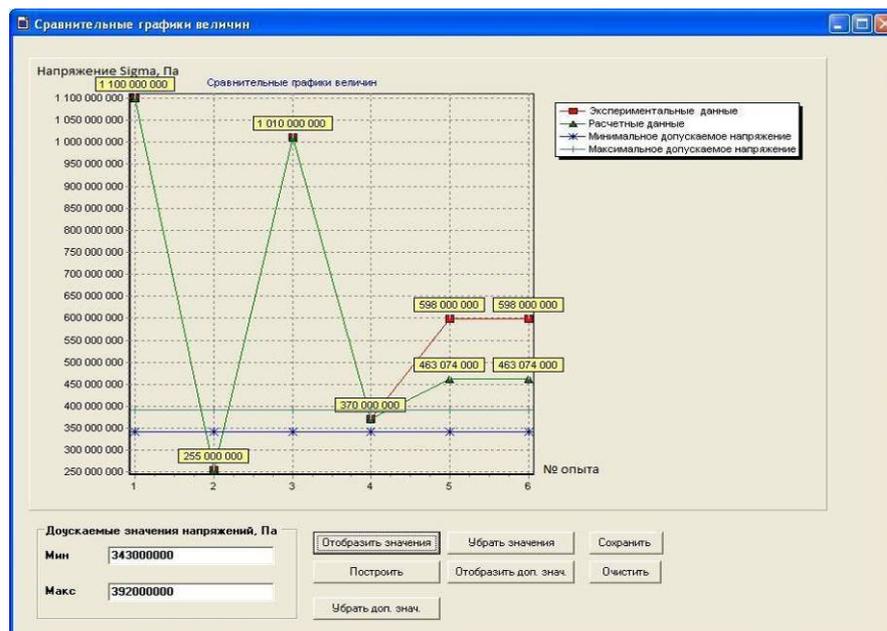


Рис. 1. Сравнительные графики напряжений в инструменте



Выводы

Предложена и апробирована методика, которая позволяет ускоренно определить значения напряжений, коэффициентов запаса прочности, смещения зубьев протяжки под действием сил резания. Разработан программный комплекс на базе предложенной методики и полученных моделей, предназначенный для оперативного назначения рациональных режимов процесса протягивания в цеховых условиях. Полученные модели позволяют подобрать параметры протяжки для изготовления зубчатого колеса с заданным модулем и числом зубьев, оптимальные режимы протягивания поверхностей зубчатых колес, повысить точность изготовления зубчатого колеса за счет предварительных расчетов параметров НДС протяжки и детали.

Д.К. Тюмиков, С.Ю. Титов

ОБНАРУЖЕНИЕ НЕОДНОЗНАЧНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ РЕЛЕЙНОГО ТИПА ПО ЭМПИРИЧЕСКИМ ДАННЫМ.

(Самарский государственный университет путей сообщения)

При исследовании сложных систем по экспериментальным данным возникает необходимость определить тип зависимостей между переменными. Практически отсутствуют методы позволяющие обнаружить неоднозначные зависимости, например релейного типа. В работе предлагается на основе применения корреляционного анализа, метода дисперсионного отношений и энтропийных мер подход к идентификации неоднозначных зависимостей.

Релейные зависимости широко распространены в измерительных и исполнительных системах, системах автоматического управления, ряда технологических процессов, в системах диагностики. Требуется изучение этих зависимостей, моделирование и учет при работе высокоточной аппаратурой [1]. Однако обнаружение таких зависимостей является достаточно сложной задачей.

В работе исследуется ряд неоднозначных зависимостей гистерезисного типа, представленных на рисунке. По заданному аналитическому виду были получены экспериментальные данные, табулированием этих зависимостей, затем эти данные обрабатывались тремя методами: корреляционным анализом, методом дисперсионных отношений и расчетом энтропийно-информационных характеристик. В качестве исходных зависимостей были взяты следующие варианты [1].

а) "Месяц": аналитический вид

$$x_s(\alpha) = x(\alpha) * \cos(\Theta) + y(\alpha) * \sin(\Theta),$$

$$y_s(\alpha) = -x(\alpha) * \sin(\Theta) + y(\alpha) * \cos(\Theta),$$

$$\text{где } x(\alpha) = a * \cos^m(\alpha) + b * \sin^n(\alpha), y(\alpha) = by * \sin(\alpha).$$

б) "Летучая мышь": аналитический вид

$$x_s(\alpha) = x(\alpha), y_s(\alpha) = |y(\alpha)|,$$



где $x(a) = a * \cos^m(a) + bx * \sin^n(a)$, $y(a) = by * \sin(a)$.

в) "Двойная петля": аналитический вид

$$xs(a) = x(a) + bx , ys(a) = y(a) + by ,$$

$$xs1(a) = x(a) - bx , ys1(a) = y(a) - by ,$$

где $x(a) = a * \cos^m(a) + bx * \sin^n(a)$, $y(a) = by * \sin(a)$.

г) "Эллипс": аналитический вид

$$x(a) = a * \cos^m(a) + bx * \sin^n(a) , y(a) = by * \sin(a)$$

Формально задача исследования сводится к доказательству факта наличия статистической связи, предложенными характеристиками, оцененными по эмпирическим данным.

Пусть, рассмотрена нелинейная система с одной входной переменной $x \in X^1 \subset R^1$ и одной выходной переменной $y \in Y \subset R^1$. Пусть система может быть описана некоторой зависимостью $y = f_k(x) + \varepsilon_k$, $f_k(x) \in F(x)$, $k = 1..K$ где $F(x)$ -множество классов функций, -погрешность модели.

Множество классов функций, в общем случае, включает линейные, нелинейные, однозначные и нелинейные неоднозначные статистические зависимости (связи).

Рассмотрим характеристики нелинейных статистических связей.

Метод дисперсионных отношений. Метод основывается на разложении [2].

$$D[y] = MID(y) + D[M[y]] .$$

Поделив это выражение нато получим

где η_{yx} дисперсионное отношение (ДО):

$$\eta_{yx} = \left(\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} (M[y|x] - M[y])^2 \varphi(x, y) dy dx \right) / D[y] ,$$

при одной входной переменной называют парным дисперсионным отношением. Оно же в этом случае характеризует меру идентичности.

Энтропийно-информационные характеристики статистической связи. Энтропия выходной переменной может быть представлена [2,3]:

$$H_y = I_{yx} + H(y|x) ,$$

Совместная информация, выражающая статистическую связь между переменными определяется:

$$IH_{yx} = \frac{I(y, x)}{H(y)} = \frac{H(y) - H(y|x)}{H(y)} = 1 - \frac{H(y|x)}{H(y)} ,$$



$$\text{где } H_{y|x} = \sum_{j=1}^N p(y_j | x_i) \log p(y_j | x_i), H(y) = -\sum_i^N p(y_i) \cdot \log(p(y_i)).$$

Где $p(\cdot)$ соответствующие плотности вероятностей, N- число экспериментов.

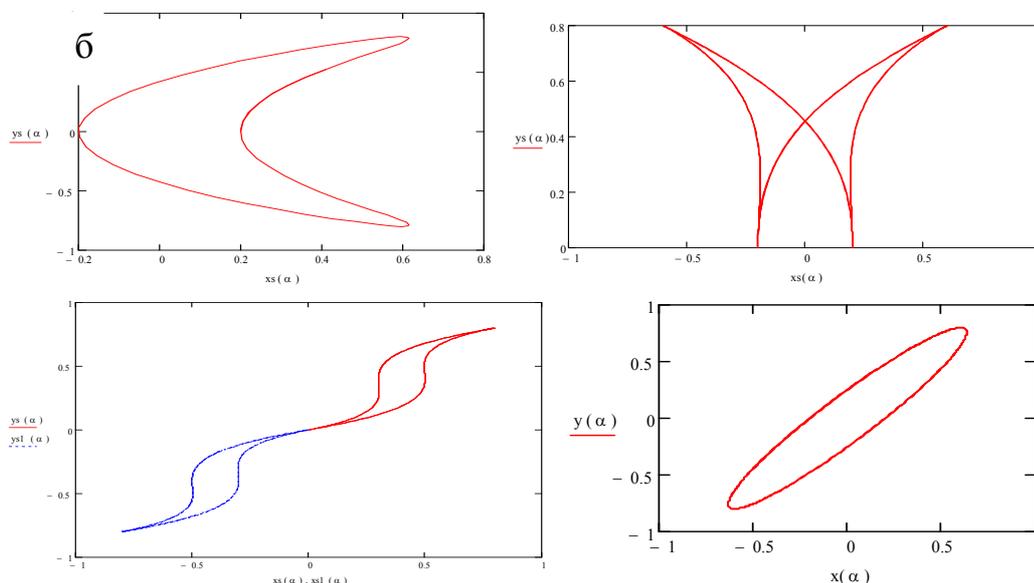


Рисунок 1. Зависимости релейного типа : а-"Месяц" , б-"Летучая мышь" , в-"Двойная петля" , г-"Эллипс".

На основе графических форм были получены экспериментальные данные, которые были обработаны тремя методами.

| Тип | Корреляция | Парные До | Энтропия |
|-------------------|------------|-----------|----------|
| А."Месяц" | -0.058 | 0.019 | 0.833 |
| Б."Летучая мышь" | -0.022 | 0.759 | 0,733 |
| В."Двойная петля" | 0.969 | 0.85 | 0,941 |
| Г."Эллипс" | 0.944 | 0.698 | 0,836 |

Выводы: исследуемые зависимости определяются энтропийной мерой и в ряде случаев дисперсионными отношениями. Следует также отметить наличие корреляционной связи, которая в данном случае фиксирует нелинейную связь.

Литература

1. R. V. Lapshin «Analytical model for the approximation of hysteresis loop and its application to the scanning tunneling microscope», Review of Scientific Instruments, volume 66, number 9, pages 4718-4730, 1995



2. Д.К. Тюмиков Энтропийно-информационные меры многомерных статистических связей: Самарский гос. университет путей сообщ. – Самара: СамГУПС, 2012. - 130 с.

3. D.K. Tyumikov, M.A. Shcherbakov Structural characteristics of statistical relationships of multidimensional nonlinear systems // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences, May, June, 2014 №3 , pp 28-32.

А.С. Шабека, А.В. Куприянов

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ РЕШЕТОК МЕТОДОМ МНОГИХ СЛОЁВ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Введение

Кристаллическая решётка – представляет собой регулярное расположение частиц в кристаллах, характеризующееся периодической повторяемостью в трёх измерениях [1]. Объектом исследования являются изображения кристаллических решеток и метод их моделирования. Целью данной работы является изучение метода моделирования изображений электронной микроскопии, разработка алгоритма, реализующего данный метод.

В настоящее время электронная микроскопия очень быстро развивается и продолжает устанавливать все новые пределы разрешающей способности. Но тем не менее, из-за инструментальных ограничений или ограничений самого объекта, исследование может сильно усложниться [2]. В этом плане существенную помощь может оказать компьютерное моделирование, не только в построении исследуемых изображений, но и в извлечении дополнительной информации от полученных изображений.

Процесс получения изображения в электронном микроскопе включает в себя: моделирование кристаллической структуры или неидеальной структуры; распространение падающей электронной волны через кристаллическую пластину; передача рассеянной волны от оптической системы электронного микроскопа; сравнение с экспериментальными микрофотографиями.

Существует два общих подхода для моделирования изображений электронной микроскопии [3]. Первый основан на том, что вовлекает собственные состояния волн Блоха и матричную формулировку в возвратно-поступательном пространстве. Второй построен на математическом разрезании объекта вдоль оптической оси. Метод многих слоёв позволяет работать не только с полностью аморфными материалами, но и довольно гибко подходит для компьютерного моделирования кристаллических экземпляров с дефектными или разделёнными поверхностями.



1 Описание метода многих слоёв

Метод многих слоёв имитирует передачу электронов в толстом образце. Данный метод основан на том, что кристалл толщиной виртуально разрезается на множество слоёв толщиной dz [4]. На некотором уровне приближения членовое зрение является линейной сверткой некоторой функции интенсивности света с функцией пространственного разрешения. Физический смысл этой свертки представлен на рисунке 1.

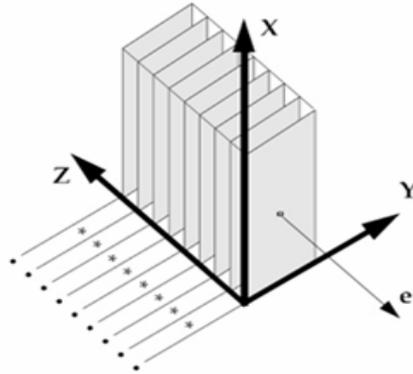


Рис. 1. Схема построения свёрток слоёв

2 Формирование электронного изображения

Рассмотрим основные этапы моделирования изображения [1]:

1) Формируется потенциал образца: $v_z(x) = \sum_{j=1}^N v_{zj}(x - x_j)$, где x_j - позиция j -го атома, v_{zj} - проекция атомного потенциала.

го атома, v_{zj} - проекция атомного потенциала.

2) Рассчитывается передаточная функция образца: $t(x) = \exp(i\sigma v_z(x))$, где σ - параметр взаимодействия.

3) Вычисляется функция распространения через линзу объектива $H_0(K)$, с использованием преобразование Фурье от передаточной функции $T(k) = FT[t(x)]$

4) С использованием обратного преобразование Фурье рассчитывается функция распространения волны $\psi_i(k) = FT^{-1}[\Psi_i(K)]$.

5) Квадрат модуля волновой функции определяет распределение интенсивности конечного изображения.

3 Результаты работы алгоритма

В результате работы программы было получены модельные изображения кристаллической решётки арсенида галлия (рисунок 2) при различных параметрах модели электронного микроскопа: C_s – сферическая абберация, E – ускоряющее напряжение, df – дефокусировка, ddf – хроматическая абберация (рисунки 3-4).

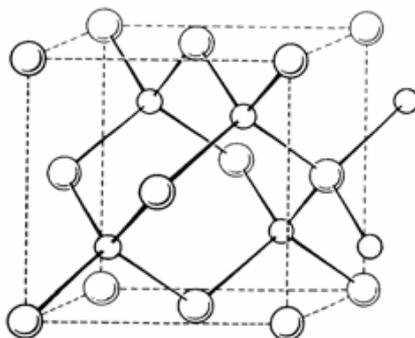


Рис. 2. Модель кристаллической решётки арсенида галлия

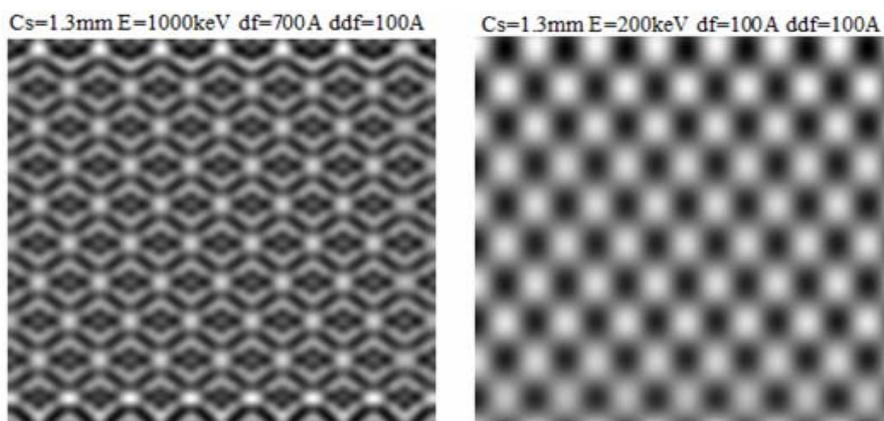


Рис. 3. Электронное изображение арсенида галлия при измененных значениях напряжения и дефокусировки

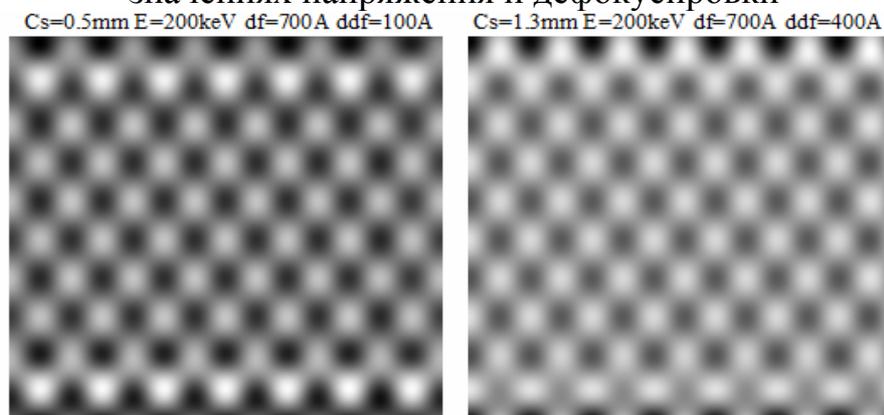
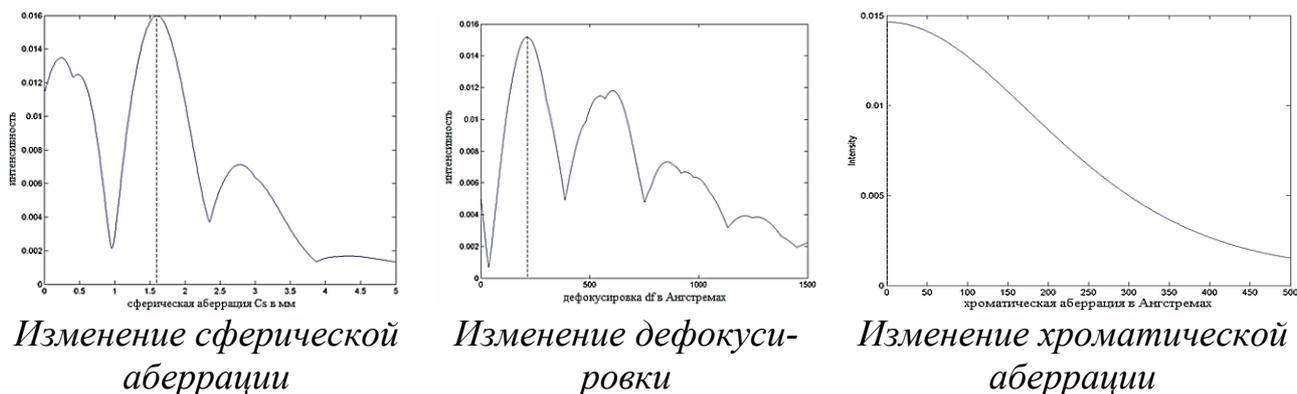


Рис. 5. Электронное изображение арсенида галлия при измененных сферической (слева) и хроматической (справа) абберациях

4 Анализ модельных изображений

Проанализировав полученные изображения, заметим, что такие параметры как сферическая и хроматическая абберации, а также напряжение и дефокусировка влияют на качество изображения, но не влияют на его общую структуру. Для повышения качества изображения необходимо подобрать оптимальные значения параметров. Для этого установим зависимость максимальной интенсивности от выбранных параметров (рисунок 6).



Изменение сферической абберации

Изменение дефокусировки

Изменение хроматической абберации

Рис. 6. Графики зависимости максимальной интенсивности

При наличии искажений, максимальная интенсивность уменьшается, поэтому необходимо в качестве идеального параметра тот, который будет соответствовать максимуму этой функции. Анализ графиков показывает, что наилучшим значением сферической абберации будет примерно 1.6 мм, а для дефокусировки 220 А. При этом интенсивность убывает при увеличении хроматической абберации, поэтому следует использовать максимально близкое к нулю, допустимое значение хроматической абберации.

На рисунке 7а представлено натурное изображений полученное в электронном микроскопе высокого разрешения, на рисунке 7б соответствующее модельное изображение при оптимальных значениях параметров. Можно отметить высокую степень похожести.

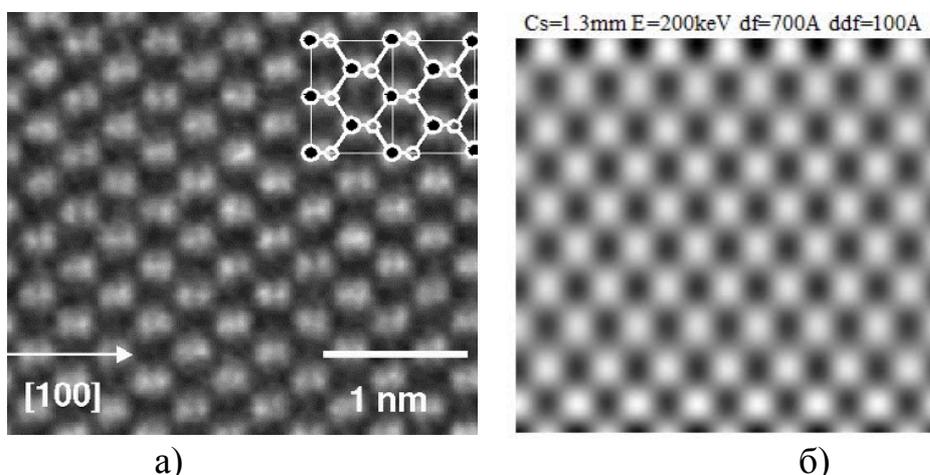


Рис. 7. Изображение арсенида галлия в электронном микроскопе а) натурное изображение б) результаты моделирования

Заключение

В результате реализации метода многих слоев были получены изображения кристаллической решетки при различных параметрах микроскопа. Полученные изображения вполне точно отображают структуру кристаллической решетки. Также были определены параметры, при которых изображение имеет наиболее высокое качество. Метод многих слоев для компьютерного моделирования является самым удобным методом.

Литература

1. Кларк, Э. Р. Микроскопические методы исследования материалов / Э. Р. Кларк, К. Н. Эберхардт. – М.: Техносфера, 2007. – 367 с.



2. Куприянов. А.В. О наблюдаемости кристаллических решеток по изображениям их проекций [Текст] / А.В. Куприянов, В.А. Соيفер // Компьютерная оптика. – 2012. – Т. 36, № 2. – С. 249-256.

3. P. Stadelmann Image Calculation Techniques, Lausanne, Switzerland, 1993. – P. 1-27.

4. Earl J. Kirkland Advanced computing in electron microscopy, Cornell University Ithaca, N.Y. 2006 P. 77-93, P. 115-198

А.С. Широканев, А.В. Куприянов

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ТРЁХМЕРНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ РЕШЕТКИ ПО ИЗОБРАЖЕНИЯМ ПРОЕКЦИЙ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Введение

Электронная микроскопия (ЭМ) даёт в различных модификациях линейное разрешение до десятой доли нанометра (ангстрем). При увеличении в миллионы раз в твёрдых материалах можно наблюдать текстуры различного рода, атомарную структуру кристаллической решётки, в биологических – молекулы, белок, бактерии. Для изучения свойств наноматериалов необходимо знать атомарную структуру, то есть определить типы атомов, являющихся строительными блоками, и их взаимное расположение в пространстве. Большинство наблюдаемых наноструктур имеют кристаллический характер, то есть атомы упорядочены в систему, называемую кристаллической решёткой. Кристаллические структуры присутствуют в основном во всех твёрдых материалах, некоторых аморфных и даже в биологических структурах

С точки зрения формирования изображений кристаллических наноструктур наибольший интерес представляет *просвечивающая электронная микроскопия* (ПЭМ, Transmission electron microscopy) (рис. 1).

ПЭМ является наиболее универсальным классическим методом исследования структурных дефектов кристаллов, используется непосредственно для описания трёхмерной структуры материала, анализа морфологических особенностей, для определения ориентации дефектов и их размеров [1].

Анализ кристаллических наноструктур осуществляется на основе обработки изображений проекций трёхмерной кристаллической решётки [2]. Задача реконструкции кристаллической решётки заключается в восстановлении трёхмерного изображения решётки, наблюдаемой в ПЭМ.

В настоящей работе рассматриваются алгоритмы обратного проецирования, позволяющие восстанавливать трёхмерную структуру кристаллической решётки по плоским изображениям ориентированным в пространстве.

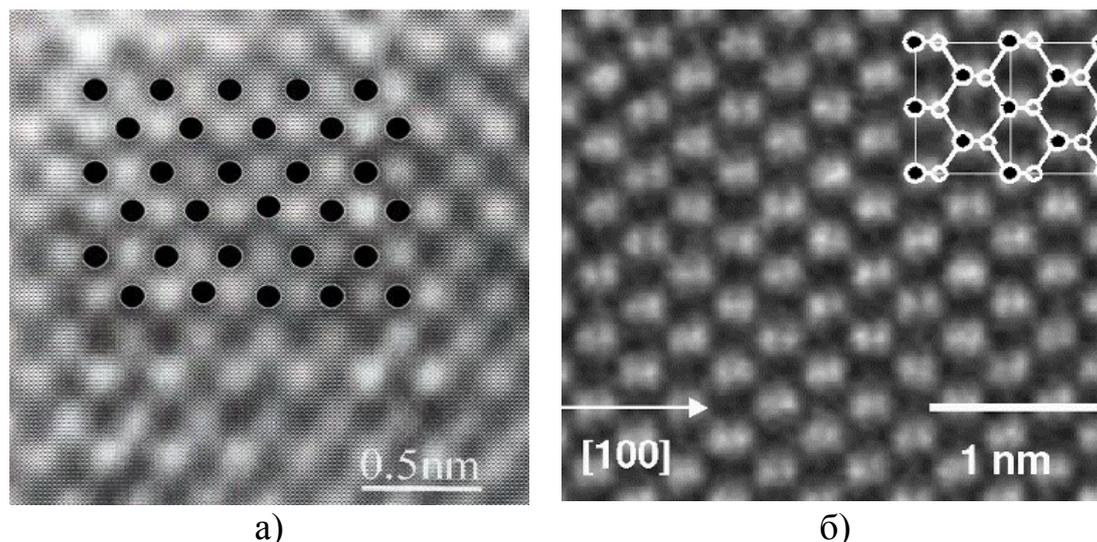


Рис. 1. Пример НМИ кристаллических решёток:
а) родонита б) арсенида галлия

1 Моделирование идеальной кристаллической решётки

Алгоритм обратного проецирования – процесс, обратный алгоритму проецирования трехмерного изображения на плоскости. Для анализа и оценки его работоспособности необходимо иметь набор идеальных кристаллических решёток и их проекций. По степени схожести эталонной решётки и полученной в результате обратного проецирования можно оценивать качество работы алгоритма.

Исходными данными алгоритма обратного проецирования являются двумерные изображения, ориентированные в пространстве. Однако с учетом выбранной задачи в роли исходных данных должны быть параметры, описывающие модель кристаллической решётки. Такая модель может быть описана тремя векторами трансляции, представляющими элементарную ячейку Браве [1]. В кристаллографии для определения векторов трансляции используют длины векторов a , b , c , и углы между векторами α , β , γ . Дополнительно в качестве исходных параметров для моделирования кристаллической решётки определим количество узлов по каждой оси N_x , N_y , N_z .

Моделирование решётки заключается в расчёте тройки векторов трансляции [3]. Из геометрии элементарной ячейки углы α , β , γ не могут принимать любые значения. Они находятся в установленных диапазонах: $\alpha \in (0, \pi)$, $\beta \in (0, \pi)$, $\gamma \in \{\varphi: \cos \varphi \in (\cos(\alpha + \beta), \cos(\alpha - \beta))\} \cap (0, \pi)$. На практике при использовании этой модели наиболее корректные кристаллические решетки получаются при выборе углов, которые от точной верхней или нижней границы своего диапазона отличаются не меньше, чем на один градус. Это дает право утверждать, что данная модель отлично подходит для генерации решеток.

2 Обратное проецирование кристаллической решётки

Результатом алгоритма обратного проецирования определим «псевдо-изображение». Каждый узел восстановленной решетки имеет псевдоцвет, то



есть цвет, соответствующий количеству проекций, в которые узел может быть спроецирован.

Рассмотрим первый алгоритм обратного проецирования.

1. Выбираем основную проекцию.
2. Для каждой ненулевой точки (т.е. точки принадлежащей узлу кристаллической решётки) на этой проекции:

➤ Определяется прямая, перпендикулярная к проекции и проходящая через эту точку;

➤ Вычисляется функцию $u(\vec{x})$ – показывающую количество проекций, на которых проекция прямой пересекает узлы решётки

$$u(\vec{x}) = \left| \left\{ k : R_k(\varphi_k \vec{x}) > 0 \wedge k = 1, \dots, i-1, i+1, \dots, n \right\} \right|, \vec{x} \in X$$

Алгоритм обладает рядом недостатков. Дискретизация прямой приводит к неточности алгоритма, а уменьшение шага дискретизации влияет на скорость работы.

Второй алгоритм устраняет указанные недостатки. Суть его работы в следующем:

1. Выбираем основную проекцию.
2. Переводим все ненулевые двумерные точки каждой проекции в пространство

3. Для каждой точки из проекции, взятой за опору

➤ Вычисляем значения t_i , участвующих в параметрическом задании прямой

для точек на остальных проекциях по формуле $t_i = \frac{(\vec{n}_i, \vec{x}_0)(\vec{n}_i, \vec{n}_0) - (\vec{x}_0 - \vec{x}_i, \vec{n}_0)}{\left(\|\vec{n}_0\|^2 - (\vec{n}_i, \vec{n}_0)^2 \right)}$

➤ Вычисляем точку, которая может быть восстановлена в пространстве $\vec{x}' = \vec{n}_0 t + \vec{x}_0$

➤ Вычисляем расстояние $d^2 = \|\vec{x}_i - \vec{x}'\|^2 - (\vec{n}_i, \vec{x}')^2$, которое является минимальным расстоянием от точки на проекции до точки, которая может быть спроецирована на проекцию из всех возможных

➤ Если выполняется условие: $d^2 < \varepsilon^2$, то точка в пространстве восстанавливается

➤ При этом, если параметры t_i и t_{i+1} оказались с некоторой точностью равны, то, значит, восстанавливаемая точка уже была рассчитана ранее и попала еще в одну проекцию

Алгоритм работает с ненулевыми точками, что позволяет повысить точность и скорость восстановления кристаллической решётки.

Результат сравнения двух алгоритмов для восстановления триклинной кристаллической решётки приведён на рисунке 2. Алгоритм с дискретизацией прямой удалил некоторые узлы, когда второй алгоритм с наибольшей точностью восстановил трёхмерную структуру.

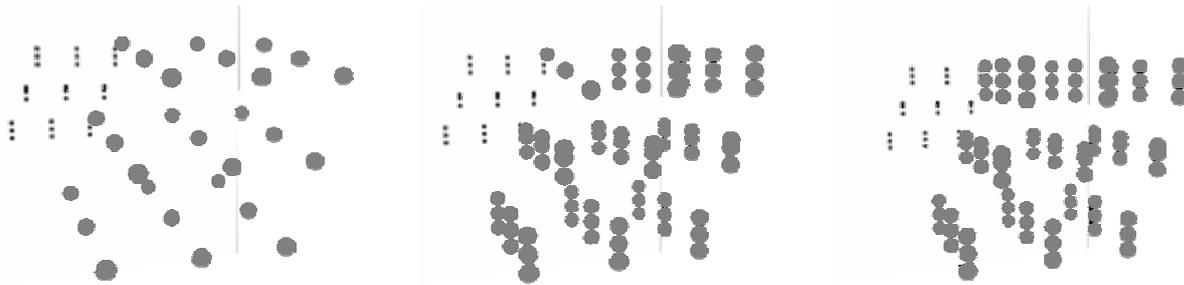


Рис. 2. Сравнение алгоритмов. а) эталонное изображение; б) алгоритм с дискретизацией прямой; в) алгоритм с выбором минимального расстояния

Заключение

Алгоритмы обратного проецирования действительно могут применяться для реконструкции кристаллических решеток. Модификации процедур восстановления в ряде случаев позволяют увеличить точность реконструкции объекта. Кристаллическая решетка, являясь, по сути, множеством узлов, хорошо сочетается с алгоритмами, работающими с множеством точек, а не с сетками прямых.

Таким образом, методы трёхмерной реконструкции кристаллических решеток по проекциям позволяют получать изображения решеток для их дальнейшего исследования. Качество алгоритма может определяться не только точностью и скоростью работы, но также и устойчивостью к шумам и случайным трансформациям эталонной кристаллической решетки.

Литература

1. Кларк, Э. Р. Микроскопические методы исследования материалов / Э. Р. Кларк, К. Н. Эберхардт. – М.: Техносфера, 2007. – 367 с.
2. Куприянов, А.В. О наблюдаемости кристаллических решеток по изображениям их проекций [Текст] / А.В. Куприянов, В.А. Сойфер // Компьютерная оптика. – 2012. – Т. 36, № 2. – С. 249-256.
3. Куприянов А.В. Оценка меры схожести кристаллических решеток по координатам их узлов в трехмерном пространстве [Текст] / А.В. Куприянов, Д.В. Кириш // Компьютерная оптика. – 2012. – Т. 36, № 4. – С. 590-595.

А. Г. Юдинцев

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЕХФАЗНОГО ИНВЕРТОРА С ВЕКТОРНОЙ ШИМ

(Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Научно-исследовательский институт Автоматики и электромеханики Томского
государственного университета систем управления и радиоэлектроники)

В настоящее время, несмотря на развитый рынок готовых решений трёхфазных автономных преобразователей, изготавливаемых для питания оборудования электропривода переменного тока, а также для систем электропитания



различных ответственных потребителей, существует огромный пласт технических задач, решить которые, с помощью предлагаемого рядом зарубежных фирм готового оборудования, становится невозможным по техническому несоответствию с требованиями заказчика. А также, существует необходимость обеспечения оборонной промышленности страны отечественными разработками. В связи с этим, сегодня крайне актуальными являются исследования и разработка трехфазных автономных инверторов напряжения (АИН), применяемых в авиа-космической технике и оборудовании морского базирования. Одним из краеугольных камней на этапе разработки АИН является система управления – алгоритм реализуемый системой и микропроцессорная структура, с помощью которой этот алгоритм обеспечивается.

АИН представляет собой силовую преобразовательную матрицу (рис.1), состоящую из полупроводниковых ключей (S_1 - S_6), которая питается от идеального источника постоянного напряжения (E_d) и управляется системой управления (СУ) в соответствии с алгоритмом, с целью обеспечения переменным трехфазным напряжением всевозможной нагрузки (Z_H).

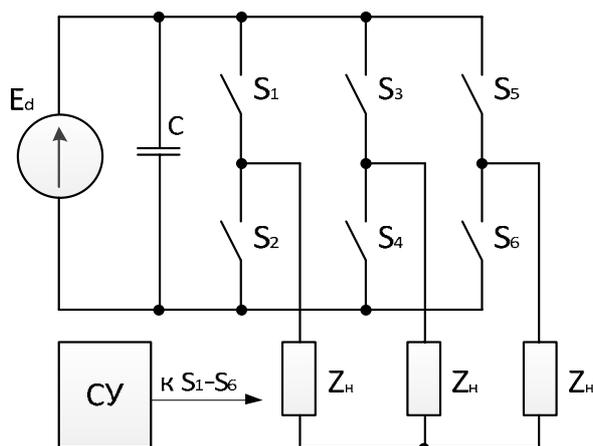


Рис. 1. Трёхфазный автономный инвертор напряжения

Разработка системы управления трехфазным АИН начинается с выбора алгоритма управления и его математической реализации на модели, с целью проверки корректности выбранных коэффициентов, входных и выходных параметров, а также для обеспечения наглядности протекания электромагнитных процессов и более глубокого их понимания. В связи с этим, наиболее полезной является разработка модели в виде математических выражений (например в среде MathCAD).

На сегодня разработано множество алгоритмов управления трехфазными АИН [1], но с развитием микропроцессорной техники, широкое применение получили алгоритмы векторной широтно-импульсной модуляции (ШИМ) [2]. При реализации этой разновидности ШИМ, дважды за период выходной частоты каждая фаза инвертора становится неуправляемой и коммутация силовых



ключей в ней не происходит. Для каждой фазы выходного напряжения, которое можно представить в виде синусоид заданных дискретными отсчетами n

$$A_n := \sin(\theta_n) \quad B_n := \sin\left(\theta_n - \frac{2\pi}{3}\right) \quad C_n := \sin\left(\theta_n + \frac{2\pi}{3}\right)$$

дважды за период выходной частоты, наступает интервал равный $\frac{\pi}{6}$, когда значение напряжения этой фазы максимально по модулю (Рис.2). Согласно алгоритму векторной ШИМ, на время этого интервала соответствующий ключ (S1-S6), должен оставаться открытым.

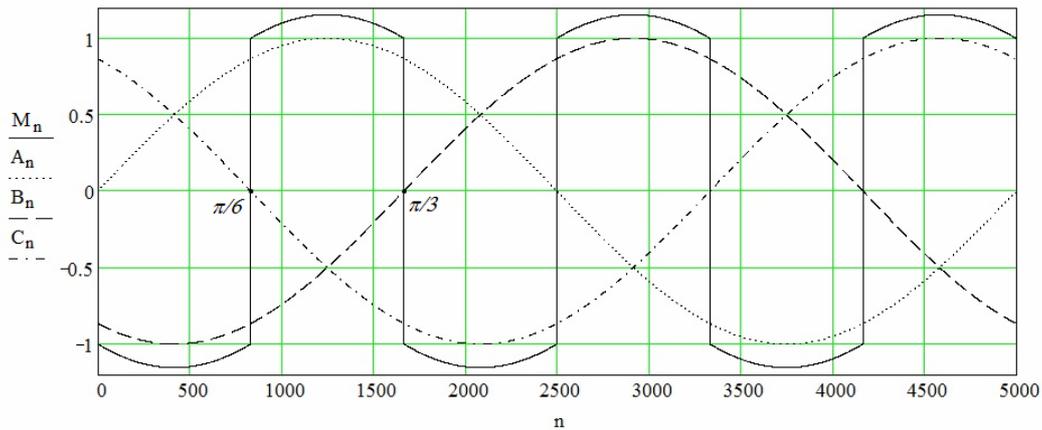


Рис. 2. Трехфазная система напряжений, представленная в виде дискретных отсчетов n

Сигнал предмодуляции $Pred_n$, который подмешивается в управляющие эталонные синусоиды, опишем следующими выражениями:

$$M_n := \text{if}\left[\left(A_n\right)^2 > \left(B_n\right)^2, \text{if}\left[\left(A_n\right)^2 > \left(C_n\right)^2, A_n, C_n\right], \text{if}\left[\left(B_n\right)^2 > \left(C_n\right)^2, B_n, C_n\right]\right] \cdot \frac{km}{\cos\left(\frac{\pi}{6}\right)}$$

$$p_n := \text{if}\left(\sin\left(3 \cdot \theta_n - \pi\right) > 0, 1, -1\right)$$

$$Pred_n := p_n - M_n$$

Тогда, управляющие сигналы с предмодуляцией третьей гармоникой, при коэффициентах модуляции $k_m=1$ и $k_m=0,7$, примут вид (рис. 3, 4):

$$pA_n := \left(A_n \cdot \frac{km}{\cos\left(\frac{\pi}{6}\right)}\right) + Pred_n \quad pB_n := \left(B_n \cdot \frac{km}{\cos\left(\frac{\pi}{6}\right)}\right) + Pred_n \quad pC_n := \left(C_n \cdot \frac{km}{\cos\left(\frac{\pi}{6}\right)}\right) + Pred_n$$

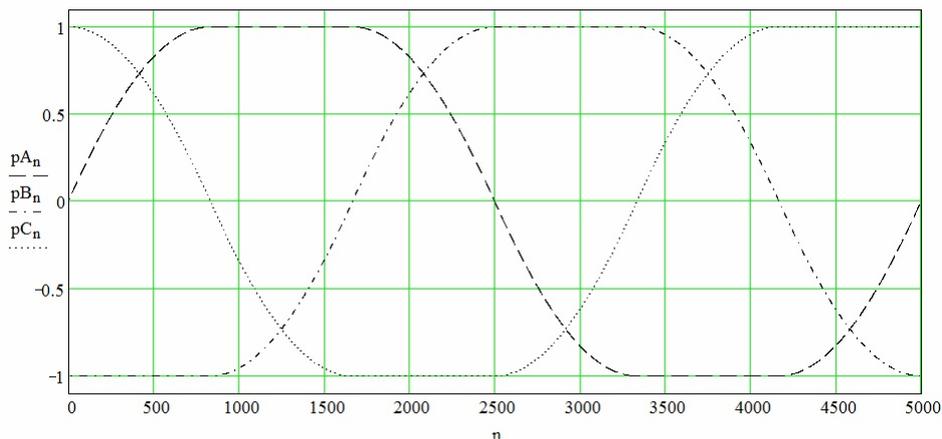


Рис. 3. Управляющие сигналы предмодулированные 3-й гармоникой при коэффициенте модуляции $k_m=1$

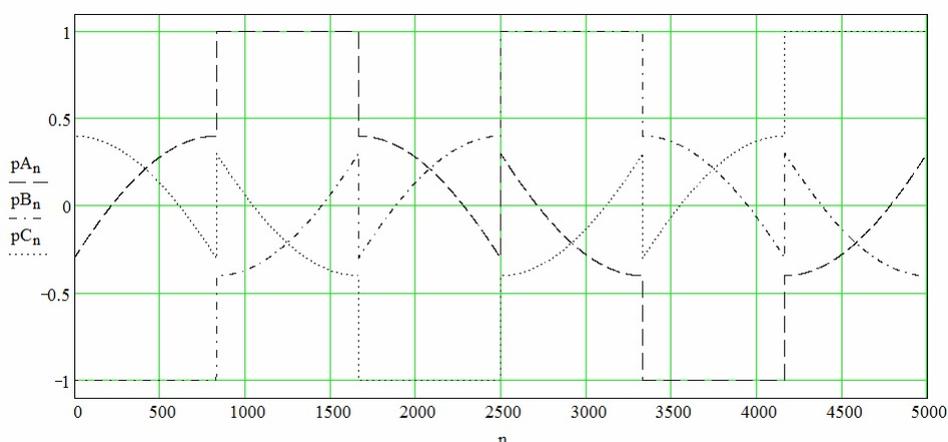


Рис. 4. Управляющие сигналы предмодулированные 3-й гармоникой при коэффициенте модуляции $k_m=0,7$

Для получения суммарного сигнала управления силовыми ключами, необходимо промодулировать сигналы управления опорным пилообразным напряжением, которое можно выразить как

$$r_n := \frac{2}{\pi} \cdot \text{asin} \left[\sin \left[\left(\theta_n \cdot A \right) - \frac{\pi}{2} \right] \right]$$

Тогда модулированные сигналы управления фазами примут вид (рис. 5).
 $mA_n := \text{if}(pA_n > r_n, 1, 0)$ $mB_n := \text{if}(pB_n > r_n, 1, 0)$ $mC_n := \text{if}(pC_n > r_n, 1, 0)$

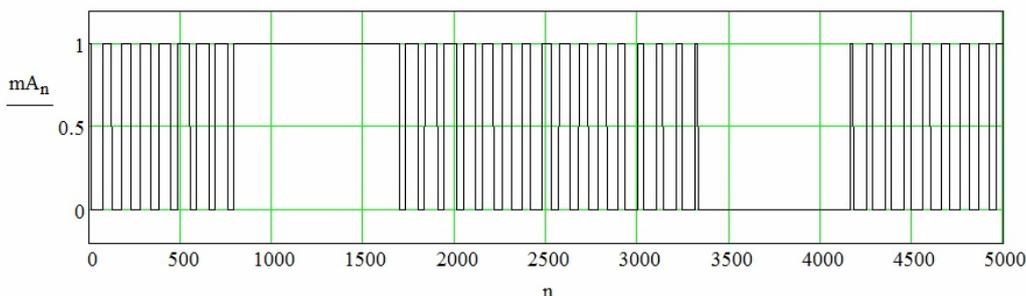


Рис. 5. Широтно-модулированный сигнал по фазе А



Фазные напряжения выхода инвертора определяются следующим образом, (вид фазы А представлен на рис. 6)

$$u_{A_n} := \left[\frac{2 \cdot E \cdot (mA_n)}{3} \right] - \left(\frac{E \cdot mB_n}{3} \right) - \left(\frac{E \cdot mC_n}{3} \right)$$

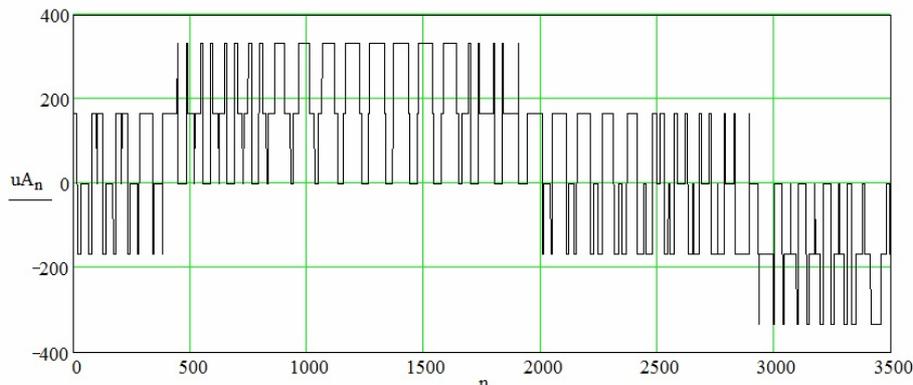


Рис. 6. Выходное напряжение фазы А

Построение подобных моделей позволяет построить выходную характеристику 3-х фазного инвертора в зависимости от коэффициента модуляции k_m , получить относительные длительности ширины управляющих импульсов для дальнейшего использования при физическом эксперименте, а также наглядно рассмотреть электромагнитные процессы в инверторе, при изменении входных данных (напряжение питания моста, значение k_m).

Литература

1. Мелешин В. И. Управление транзисторными преобразователями электроэнергии / В. И. Мелешин, Д. А. Овчинников – Москва: «Техносфера», 2011. – 576 с.
2. Чаплыгин Е. Е. Спектральное моделирование преобразователей с широтно-импульсной модуляцией. Учебное пособие по курсу «Моделирование электронных устройств и систем» / Е. Е. Чаплыгин – Москва: Изд-во МЭИ, 2009. – 56 с.

Д.Е. Яблоков

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБОБЩЕННЫХ КОНЦЕПЦИЙ В ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ЯЗЫКАХ ПРОГРАММИРОВАНИЯ

(Самарский государственный университет)

Сфера компьютерных наук, которая возникла сравнительно недавно, пределала стремительное развитие от состояния, когда в ней был занят лишь небольшой круг специалистов, до состояния, когда речь идет о повсеместном использовании компьютерных технологий и связанных с ними результатов исследований в той или иной предметной области. Быстрый рост этого направления



сопровождalся и продолжает пополняться формирующимся каркасом понятий, определяющих логические рамки для описания объектов или семейств объектов, работа с которыми становится возможна в терминах используемого понятийного аппарата. В большинстве случаев это приводит к появлению абстракций, определяющих семантическое и синтаксическое поведение экземпляра объекта, а так же к появлению семейства концепций, содержащих набор требований дающих представление о свойствах и ограничениях которыми должна обладать абстракция, являющаяся моделью одной или нескольких концепций. Тип, который моделирует концепцию, обязан удовлетворять ее требованиям, включающим наборы допустимых выражений, ассоциированных типов, инвариантных характеристик времени исполнения и гарантий сложности. Наличие концепций очень важно, потому что большинство предположений о типах, используемых в обобщенном программировании, может быть выражено как в терминах соответствия концепциям, так и в терминах отношений между различными концепциями.

Обобщенная модель концепции однопроходного итератора.

```
public interface IIterator<I extends IIterator<I>> extends Cloneable
{
    void advance();
    I getIterator();
};
```

Обобщенная модель концепции итератора вывода.

```
public interface IOutputIterator<I extends IOutputIterator<I, E>, E> extends IIterator<I>
{
    IOutputIterator<I, E> clone();
    void put(E element);
};
```

Обобщенная модель концепции итератора ввода.

```
public interface IInputIterator<I extends IInputIterator<I, E>, E> extends IIterator<I>
{
    boolean equalTo(IInputIterator<I, E> other);
    IInputIterator<I, E> clone();
    E get();
};
```

Обобщенная модель концепции однонаправленного итератора.

```
public interface IForwardIterator<I extends IForwardIterator<I, E>, E> extends IInputIterator<I, E>, IOutputIterator<I, E>
{
    IForwardIterator<I, E> clone();
};
```

Обобщенные модели концепций функциональных адаптеров.

1. Унарная функция

```
public interface IUnaryFunction<T, R>
{
    R execute(T argument);
};
```



2. Бинарная функция

```
public interface IBinaryFunction<T1, T2, R>
{
    R execute(T1 firstArgument, T2 secondArgument);
};
```

Обобщенные алгоритмы, не изменяющие набор данных.

Алгоритм FindIf:

```
public static <I extends IInputIterator<I, E>, E, UP extends IUnaryFunction<E, Boolean>>
I findIf(I first, I last, UP unaryPredicate)
{
    I iterator = first.clone().getIterator();
    while ((!iterator.equalTo(last)) && (!unaryPredicate.execute(iterator.get())))
        iterator.advance();
    return iterator;
}
```

Алгоритм FindFirstOf:

```
public static <I1 extends IInputIterator<I1, E1>, I2 extends IForwardIterator<I2, E2>,
E1, E2, BP extends IBinaryFunction<E1, E2, Boolean>>
I1 findFirstOf(I1 first1, I1 last1, I2 first2, I2 last2, BP binaryPredicate)
{
    I1 iterator1 = first1.clone().getIterator();
    for (; !iterator1.equalTo(last1); iterator1.advance())
    {
        I2 iterator2 = first2.clone().getIterator();
        for (; !iterator2.equalTo(last2); iterator2.advance())
        {
            if (binaryPredicate.execute(iterator1.get(), iterator2.get()))
                return iterator1;
        }
    }
    return last1;
}
```

Примеры обобщенных алгоритмов, изменяющих набор данных.

Алгоритм copy:

```
public static <I1 extends IInputIterator<I1, E>, I2 extends IOutputIterator<I2, E>, E>
I2 copy(I1 first, I1 last, I2 result)
{
    I1 iterator1 = first.clone().getIterator();
    I2 iterator2 = result.clone().getIterator();
    for (; !iterator1.equalTo(last); iterator2.advance(), iterator1.advance())
        iterator2.put(iterator1.get());
    return iterator2;
}
```

Алгоритм copyBackward:

```
public static <I1 extends IBidirectionalIterator<I1, E>, I2 extends IBidirectionalIt-
erator<I2, E>, E>
I2 copyBackward(I1 first, I1 last, I2 result)
{
    I1 iterator1 = last.clone().getIterator();
    I2 iterator2 = result.clone().getIterator();
```



```
while(!iterator1.equalTo(first))
{
    iterator2.retreat();
    iterator1.retreat();
    iterator2.put(iterator1.get());
}
return iterator2;
}
```

Современные языки высокого уровня, в большинстве своем, поддерживают парадигму объектно-ориентированного программирования, использующую иерархии полиморфных типов данных, связанных отношением наследования. Это позволяет, применяя дополнительный уровень абстракции, предоставляемый парадигмой, ссылаться на значение полиморфного объекта, манипулировать им, не указывая точного типа, в рамках иерархии наследования. Обобщенное программирование, как развитие объектно-ориентированного направления, также определяет собственный уровень абстракции. Ключевая абстракция обобщенного программирования представляет собой набор абстрактных требований к типам, описываемых с помощью определения абстрактных видов, т.е. семейств абстрактных типов, моделирующих набор требований, который определяет интерфейс и семантическое поведение. Алгоритм, написанный в обобщенном стиле, может применяться для любых типов, удовлетворяющих синтаксическим и семантическим требованиям, которые он предъявляет к своим аргументам. Любой подобный алгоритм состоит из двух частей: конкретных инструкций, определяющих шаги исполнения (императивное управление и процедурно-операторный стиль), и набора абстрактных требований (определение абстрактных концепций), которым типы его аргументов должны точно соответствовать. Процедурно-операторный подход помогает нам создать конкретную специализацию алгоритма, делая акцент на обработке данных, т.е. на процессе необходимых вычислений. Основой для него служит предоставление механизмов передачи аргументов функциям и получение от них возвращаемого вычисленного значения. Парадигма обобщенного программирования предполагает использование перечня определенных и систематизированных требований к абстрактному типу и представляет собой концепции, описывающие свойства, которыми должен обладать тип, чтобы удовлетворять предъявляемым требованиям. Поддержка соответствующего стиля программирования осуществляется через специально предназначенные для этого языковые конструкции. Но важно не то, какими средствами обладает язык, а то, что этих средств, а также поддерживаемых языком концепций, принципов и идиом достаточно для реальной поддержки одной или нескольких парадигм программирования.

Обобщенные концепции – это мощный инструмент решения задач, используемый для описания поведения и отношений между дискретными объектами и их семействами. Практические задачи могут быть смоделированы в виде абстракций для различных областей научных вычислений или исследований. Достоинством таких абстракций является тот факт, что найденное решение



проблемы, в случае грамотно и правильно построенной обобщенной концепции, может быть использовано для решения подобных проблем в широком диапазоне иных областей. При сосредоточении на сути этих проблем, а именно на концепциях описывающих синтаксические и семантические особенности конкретных объектов и их отношений специалисты могут найти решение не только для отдельных проблем, но для целых классов задач, решаемых в ходе научной работы.

Литература

1. Вандевурд Д., Джосаттис Н. М. Шаблоны C++: справочник разработчика. – М.: Вильямс, 2003. – 544 с.
2. Саттер Г., Александреску А. Стандарты программирования на C++. – М.: Вильямс, 2005. – 224 с.
3. Степанов А., Пол М.-Д. Начала программирования. – М.: Вильямс, 2011. – 272 с.
4. Страуструп Б. Язык программирования C++. Специальное издание. – М.: Издательство Бином, 2011 г. – 1136 с.
5. Яблоков Д. Применение парадигмы обобщенного программирования в объектно-ориентированных языках. Информатика, моделирование, автоматизация проектирования: сборник рекомендованных научных трудов / под ред. Н. Н. Войта. – Ульяновск : УлГТУ, 2013. – с. 113-118.

А.М. Егоров

ПЕРСПЕКТИВНАЯ ОТКАЗОУСТОЙЧИВАЯ БОРТОВАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТИПОВЫМ НАНОСПУТНИКОМ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Современное направление развития сферы космических экспериментов, проводимых университетами мира, неразрывно связано с использованием наноспутников. Аппараты широко применяемого стандарта CubeSat характеризуются малой массой до 3 кг, малыми габаритными размерами: от одного до трёх кубических блоков с гранью 10 см.

Широкое использование наноспутников во многом обусловлено малым временем их разработки, а также значительной дешевизной запуска. Такие аппараты могут выводиться на орбиту попутно, в добавление к основной полезной нагрузке.

При разработке наноспутников инженеры стремятся использовать датчики и исполнительные механизмы, имеющие малые массогабаритные характеристики. Такой подход позволяет представить типовой набор элементов и систем борта, присущий большинству разрабатываемых аппаратов.



Ограниченный объем аппарата часто не позволяет дублировать системы и элементы борта с целью создания резерва на случай нештатной ситуации. Отсутствие возможности резервирования требует повышения отказоустойчивости отдельных элементов и систем, борта в целом.

Бортовая система управления должна учитывать состояние элементов борта. Так, если происходит сбой в любом элементе, он может не правильно выполнить задачу, возложенную на него бортовой системы управления. В этом случае возможно некорректное управление другими элементами наноспутника.

Необходимо обеспечить живучесть наноспутника, под которой понимается способность адаптироваться к текущей ситуации, противостоять и сохранять множество критических функций при непредвиденных воздействиях на наноспутник.

Типовая бортовая система управления выполняет алгоритм, который состоит из двух блоков. Первый блок предназначен для навигации, ориентации и стабилизации, информационного обмена с командным центром. Второй блок является "интеллектуальным элементом", который контролирует элементы наноспутника.

В случае неисправности какого-либо элемента борта, выбирается другая ветка алгоритма бортовой системы управления, исключающая использование неисправного элемента.

Проверка элементов на отказ может производиться либо последовательно циклически с определённым интервалом времени, либо по факту обращения к элементу (перед получением или передачей информации или управляющих сигналов). Второй вариант имеет достоинство, так как является наименее затратным в отношении энергетических и вычислительных ресурсов борта, что наиболее актуально для наноспутников.

Выход из строя элемента наноспутника может привести к повышению энергопотребления, тогда для сохранения энергетического баланса наноспутника рекомендуется отключить неисправный элемент.

Метод определения отказа в каждом элементе напрямую зависит от типа элемента. Таким образом, неисправность датчика может быть найдена с помощью проверки возвращаемого значения на вхождение в диапазон, проверки потребляемого тока (напряжения питания), обработки информации от серии датчиков по принципу мажоритарной логики.

Для элементов памяти применяется метод проверки контрольной суммы считываемой информации. Перед записью данных в память производится пробный цикл записи и чтения. Отказ элемента памяти фиксируется, если возникла ошибка контрольной суммы, либо если прочитанные данные после записи не совпали с исходными данными.

Для предупреждения полной разрядки аккумуляторной батареи, необходимо контролировать уровень напряжения на ней. Если уровень напряжения достигает минимально допустимого значения, бортовая система управления отключает питание всех элементов спутника, кроме приёмопередатчика и самого



бортового компьютера. Выполнение программы полёта прерывается до частичной подзарядки аккумуляторной батареи.

Для того, чтобы отказ элемента не привёл к провалу миссии наноспутника, он должен иметь избыточность на борту, которая может быть нескольких типов: структурной, информационной, функциональной.

Избыточность ресурсов на борту – это потенциал, который следует рационально использовать для повышения живучести космического аппарата. Для этого необходимо иметь алгоритм определения, в какой момент следует задействовать избыточные ресурсы. Этот алгоритм выявляет элементы спутника, в которых произошла внештатная ситуация, случился отказ, или имеется тенденция к переходу в отказ. Для работы такого алгоритма в бортовой системе управления нужно иметь базу данных о избыточности бортовых средств.

Дальнейшее повышение живучести наноспутника возможно при тщательном анализе данных, полученных от бортовых средств измерения, и прогнозировании нештатных ситуаций на борту.

Литература

1. Ахметов, Р.Н. Принципы управления КА ДЗЗ в нештатных ситуациях [Текст] / Р.Н. Ахметов, В.П. Макаров, А.В. Соллогуб // Информационные и управляющие системы. – 2012. – С. 16-22
2. Кирилин А. Н. и др. Методы обеспечения живучести низкоорбитальных автоматических КА зондирования Земли: математические модели, компьютерные технологии [Текст]/А. Н. Кирилин, Р. Н. Ахметов, А. В. Соллогуб, В. П. Макаров. – М.: Машиностроение, 2010. – 384 с.



ФИЛОСОФИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И ТРАНСГУМАНИЗМ

А.Г. Арзаматов

ТОЧКА БИФУРКАЦИИ ИЛИ ЦУГЦВАНГ СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Мировая экономика знает три фазы: 1) традиционная, охватывающая первобытнообщинный (неолит, энеолит) строй, рабовладельческий и феодальный; 2) индустриальная, возникшая с появлением фабричного производства; 3) постиндустриальная, или когнитивная, которая должна прийти на смену индустриальной фазы.

Кризис, переживаемый современной Россией, и не только ей, является ничем иным как системным кризисом индустриальной фазы развития мировой экономики. Возникшая на этом этапе общепланетарная система обмена привела к появлению мировой валюты, плотной коммуникационной сети и потребовала для своего развития свободного, не охваченного метаструктурой производства-потребления пространства. На рубеже XIX-XX вв. такого пространства практически не осталось, что привело к структурному кризису капиталистического общества, формированию государственно-монополистического капитализма и борьбе за передел мира, вылившийся в Первую и Вторую мировые войны. В итоге произошло слияние всех областей в единое планетарное пространство. К началу третьего тысячелетия это пространство было исчерпано.

Проблему эту еще в начале 70-х гг. XX в. осознали ученые Массачусетского технологического института во главе с основателем теории системной динамики Джейм Форрестером, опубликовавшим в 1971 г. книгу «Мировая динамика», а в 1972 г. - «Пределы роста». В них была сформулирована стратегическая задача – создание нового рынка ресурсосберегающих и природоохранительных технологий. Емкость рынка оказалась достаточно велика, и его хватило на то, чтобы отсрочить кризис индустриальной экономики на четверть века.

Индустриальная фаза может оперировать только индустриальными, но не семантическими (искусственными знаковыми) смыслами. Но они все уже освоены. Следовательно, индустриальная фаза развития вступила в полосу затяжного системного кризиса. Его проявлением стала глобализация мировой экономики, целью которой было снижение транзакционных издержек во имя вовлечения в индустриальное производство/потребление последних остатков свободного экономического пространства. В свою очередь, глобализм привел к



кризису национальных государств и появлению деструктивных движений «антиглобализм», «зеленые», «интегрисы», «международный терроризм»...

Ойкумена разделилась на «золотой» и «черный» миллиарды, и разлом прошел по линии «Север» - «Юг». Противостояние это направлено против глобальной индустриальной системы в целом. Сегодня человечество столкнулось с новым вызовом – информационная революция привела к созданию мира высокой виртуальности и значит это то, что необходимо создать новые организovanности, новые социосистемы, необходим прорыв в когнитивную фазу развития.

В современной России, оказавшейся в остром системном кризисе, мы наблюдаем деструктивные процессы: разрушение средней и высшей школы, повальное увлечение старыми религиозными культурами, рост клерикальных и шариатских настроений, культивирование самых архаичных форм идентичности, противодействие инновациям, агрессивное противопоставление гуманитарных и естественных научных исследований. Все это ведет не к прорыву в постиндустриальное (когнитивное) общество, а к углублению системного кризиса.

Россия сегодня стоит на развилке дорог, подобно тому, как стояла в XV в. Тогда в разгар последней феодальной войны решался вопрос по какому пути пойдет страна: жесткой централизации и крепостного права или по пути близкому к западноевропейскому – развитие рынка и товарно-денежных отношений. Выбор известен. В начале третьего тысячелетия Россия вновь в точке бифуркации: либо страна будет развиваться как сырьевой придаток мировой экономики, либо как высокоинтеллектуальное информационное постиндустриальное общество.

Россия начала XXI в. – типичная сырьевая держава: экспорт нефти, газа, леса, черной и цветной металлургии определяет экономическое и финансовое положение страны и обеспечивает основной объем налогов. Но стратегия, построенная исключительно на продаже сырья ведет к неустойчивости экономики. Падение цен на нефть сразу же вызывает инфляцию и панику у правящей элиты, а вслед за ней и у всего остального населения. Нарушаются нормальные отношения власти и бизнес сообщества. Реформы предлагаемые современной российской элитой, в том числе и особенно в области образования, не способствуют прорыву в когнитивное общество, а направлены лишь на повышение управляемости социума. Рано или поздно, Россия следуя этим путем окажется среди стран-изгоев: Сирия, Иран, Северная Корея, Афганистан, Венесуэла, Бирма и Таджикистан. Сырьевая Россия неизбежно погрузится в экономическую, демографическую, политическую и территориальную деградацию.

Рассмотрим экономическую модель, по которой в России будет создана наряду с добывающей отраслью мощная и альтернативная ей система индустриального производства. Такой тип экономики был в СССР. Но в современных условиях Россия вряд ли сможет конкурировать с КНР в выпуске промышленной продукции.



Остается попытаться создать в нашей стране высокоинтеллектуальное инновационное производство. Это довольно рискованное развитие, которое также приводит к новой точке бифуркации.

Инновационное развитие – общемировой экономической тренд. Но какую роль будет играть и какое место займет в нем Россия?

Если мы будем создавать новую российскую экономику, как один из инновационных модулей мирового хозяйства, то это позволит стране войти в систему мирового разделения труда и получать свою долю мировой ренты, это, в свою очередь, улучшит материальное положение определенной части населения при сохранении сильного социального расслоения и низкого среднего уровня жизни. При этом Россия будет ориентирована на Европу и Америку, с вытекающими отсюда открытыми границами и оттоком «мозгов» за рубеж, вместе с их изобретениями. Российские элиты будут интегрированы в мировую «управляющую корпорацию», да и сама страна будет управляться сетевым способом извне через транснациональные корпорации. В близкой перспективе это приведет к противопоставлению районов с мощной научно-технической базой (Северо-запад, Центрально-промышленный, Поволжье) остальной России. В более длительной перспективе это приведет к утрате страной суверенитета.

Возможна и другая модель развития (по всей видимости именно она и будет реализована) при которой Россия начинает создавать инновации прежде всего в области обороны страны и перевооружении своей армии. Это приведет к неизбежному обострению взаимоотношений с США и Европой. В поисках союзников Россия начинает ориентироваться на Китай, Иран, Бразилию, Венесуэлу, ЮАР. Опять возводится «железный занавес», и ученые, занятые в «оборонке», становятся «не выездными». Запад причисляет Россию к государству, где нарушаются права человека. Российская Федерация фактически возвращается к статусу СССР, но уже в гораздо худших для себя мировых трендах. При такой модели можно надеяться на определенное укрепление рубля, на гарантированный минимум благ для граждан страны при довольно низком уровне жизни и массовом дефиците импортных товаров. В политическом плане мы придем к установлению жесткого центрального управления, жесткой цензуры, усиленной клерикализмом, и подавлению любого инакомыслия. В ближайшей перспективе этот путь чреват новой «холодной» войной со всеми вытекающими из нее последствиями, а в отдаленной перспективе нельзя исключить и прямое военное вторжение.

Итак, мы имеем дело с классическим шахматным цугцвангом: обе инновационные модели развития России при неблагоприятных условиях могут привести к национальной катастрофе. При этом та или иная модель будет выбрана не столько из-за субъективных приоритетов российской правящей элиты, сколько из объективных глобальных мировых процессов.



Н.Ф. Банникова

НЕСКОЛЬКО СЛОВ О ЗНАЧИМОСТИ ИСТОРИКО-ФИЛОСОФСКОГО ПОЗНАНИЯ В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

*История творится безотчетно
Жан Поль Сартр*

Перестройка системы образования в России – объективная цивилизованная необходимость, но требующая основательного обдуманного подхода.

Вряд ли будет преувеличением утверждение о том, что историческая наука переживает трудные времена. Рефлексия и как один из ее аспектов, - критика устоявшейся системы исторических знаний с позиций исторического сознания общества. И особенно его политической и научной элиты, вполне понятное явление и подконтрольное. Сама критика может быть инициирована и заблуждением, и добром, и злом. Интерес влиятельных политических партий в России к гуманитарному знанию в современных условиях очевиден. Применительно к отечественной истории ревизия ее идей часто носит характер антагонистический с элементами сенсационности.

Конечно, в спокойной ситуации историки могли бы заполнить белые пятна истории Отечества или научно отразить разные ее этапы, приблизив их познание к истине. Многие факты истории тесно связаны с жизнью и поэтому шансы на объективную истину малы. Это происходит и в силу объективности, и в силу привязности. Во все кризисные ситуации в науке наблюдается часто спонтанное отношение к философии истории, к ее методологическим возможностям.

Кризис исторической науки и отечественной истории в частности обусловил обращение к философии истории. Так как познать предмет можно только выйдя за него, то есть за историческое сознание, и тем самым ответить на ряд принципиальных для исторической науки вопросов:

- что есть история?
- что есть мировая история?
- что есть история России?
- история России в связи или вне мировой истории?
- что есть исторический факт?
- тождественны ли такие понятия, базисные для исторической науки, как события и факт?



- что такое исторический источник и чем он отличается с точки зрения интенции¹ от исторического сознания?
- тождественны ли понятия исторической реальности и исторической действительности?
- каковы специфика и ограничения исторического познания и т.п.

Совершенно очевидно, что невнимание, игнорирование этих предельных основных как онтологических, так и логико-методологических, исторических наук при самых благих намерениях могут и приводят к заблуждениям и ошибкам в понимании исторического процесса.

Прежде всего, надо определить то пространство бытия, которое поддается понятию историчности, временному измерению развития. Важно понять, что история – это атрибут общества, которое функционирует и развивается. У общества нет иной альтернативы, как развиваться, меняться, то есть быть в истории, способе его существования. Это важно для ориентации в той стрессовой ситуации, в которой оказалось наше общество. Оно усиливается ментальным вопросом: что делать? и вопросом: куда идти? К прошлому вернуться нельзя. Время одномерно. Поэтому в лучшем случае речь может идти о повторении пройденного. Но повторение на высшем уровне – это развитие вперед с историей, а просто повторение – это круг, а значит «выход» из истории, но с известными последствиями.

К сожалению, история России знает такие периоды, когда рушилась связь с мировой цивилизацией, когда терялось представление различных народов о русском государстве. Это в период зависимости от монголов до правления Ивана III (с конца XIII до середины XV века), это и период «Смутного времени» до правления династии Романовых, когда перед глазами изумленного европейца предстала огромная Держава. В этом и закон и смысл истории. Партнерство закона и смысла истории крайне симптоматично. Там, где действует человек, активизируется его деятельность в соответствии с какой-то программой, особое значение приобретает смысл, реализуется триада: цель – средство – результат.

История – это такая модельность бытия, где действуют механизмы специфические для мира культуры в целом. Важно в этом контексте понять, что методы и способы познания, происходящие в естественных и технических науках, оказываются недостаточными, чтобы понять историю, познать события и их взаимосвязь, раскрыть их смысл.

Понимание исторических процессов требует два уровня познания истории:

- уровень, на котором познаются события, явления и их связи;
- уровень, на котором действуют законы, управляющие этими явлениями и их связями.

В первом случае речь идет об истории, во втором – о философии истории.

¹ Интенция (лат. Intention стремление) – направленность сознания, мышления на какой-то предмет, намерение, цель



В единстве история и философия истории воспроизводят прошлое для настоящего, их взаимосвязь, законы этой связи, цели и смысл истории. Ибо явления прошлого и их связь управляются, то есть подчинены цели, идеалу, прогрессу.

Раскрытие сути этой связи позволяет понять механизм, интенцию обращения к прошлому: прошлое вызывается к жизни настоящим. Их диалог – в интересах живущих в настоящее время.

Вспомним особое повышение интереса к историческому прошлому России, истории российского государства в начале 90-х годов XX столетия, появление на прилавках книжных магазинов трудов выдающихся ученых историков и философов мира и России, имена которых и работы многие узнавали впервые. Это – Ф. Бродель, Г.В. Вернадский, Н. Бердяев, М. Вебер, К. Ясперс и др.

Культура всегда диалогична: в истории – это диалог прошлого, закрепленного в исторических источниках, явлениях культуры (артефактах) с настоящим. Это диалог в рамках самого сознания современников. Так как история – особая наука, прошлое, настоящее существует в мыслях каждого индивида.

Время реформирования государства, общества, личности всегда стимулирует интерес к исторической науке. Обращение к прошлому объективно, так как изменение прошлого требует как минимума его понимания. Вновь в действие вступает диалог, результатом которого, как обычно, является компромисс. Диалог предполагает реформу. Монолог – революцию.

Таким образом, как с точки зрения понимания истории как исторической действительности, творимой человеком, так и с точки зрения специфики науки, описывающей события, и с точки зрения науки, объясняющей их, история есть нечто иное как наука о цивилизации, о культуре, а философия истории – рефлексия по поводу истории как действительности бытия, так и наука ее осмысления.

Все это необходимо понимать, чтобы расширить и несколько по другому увидеть место, функции и смысл изучения истории и философии в технических университетах.

Е.Д. Богатырева

ИСКУССТВО В ГРАНИЦАХ ТЕОРИИ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Основной вопрос, который возникает в современных дискуссиях об искусстве, это вопрос, что оно такое, и связанный с этим вопрос о критериях применимости его понятия к тем разнородным художественным практикам, которые возникают буквально у нас глазах и закрепляются в качестве ведущих, вытесняя с поля игроков уже апробированные художественные традиции. Безусловно, переформатирование художественного, а вместе с ним и всего культур-



ного поля, как следствие этого процесса, происходит тогда, когда утрачиваются старые системы жизни и присущие им связи, включая способы взаимодействия человека с самим собой и окружающим его миром. С другой стороны, такого рода изменения задают вопрос теории искусства, что она такое.

Искусство предстаёт как живая субстанция, оно моментально реагирует на изменения в жизни людей. К примеру, синтез современного искусства и науки – данность постиндустриальной эпохи – во многом обязан развитию новых технологий, выходу таковых в сферу широкого использования, включая повседневные практики. Однако здесь границы не только преодолеваются, но и образуются. К примеру, полной интеграции науки в искусство, или искусства в науку не происходит. Включение фигуры художника в современные научные лаборатории происходит на особых условиях. Среди таковых условий – обеспечивать позицию случайного (творческого) поиска, что потребует теоретического допущения как интеллектуальной автономии, так и иррационального механизма производства самого рации (того же озарения), провокации как метода изменения прежней интеллектуальной установки. Если же говорить о более широком (не специализированно научном) контексте, то нельзя не заметить, что искусство, безусловно, довольно легко использует метафоры научного производства, выступая в качестве общественно значимого «проекта», «исследования», но находит в таковом занятии уже более вескую причину – интегрироваться в проект производства социального и культурного мира, следуя принятым на данный момент тем или иным идеологическим императивам.

Если обратиться к тому, что стало уже историей новейших течений в XX веке, имя которым – авангард, то нельзя не заметить, что искусство вступает здесь в широкий круг взаимодействия с новыми общественными установками и практиками. Включаясь в идеологический запрос на коллективизм как основание общественной оптики, как в советском искусстве, либо на индивидуализм – в западном, оно берёт на себя обязательство стать рупором современности, способствовать широко понятым жизненным изменениям. Исследование таковых становится составляющей этого процесса и подчинено тому, чтобы образовывать посредством нового искусства и его новую аудиторию. Насколько это условие действительно выполняется? Художник много думает о своём зрителе, но при этом не совпадает с ним. Причины провала авангардного проекта сделать искусство частью раскрепощающей жизненной практики могут быть названы самые разные, но каждая из них будет обнаруживать то поле неучтённых в идеальном проекте условий, при которых такое взаимодействие не выполнимо, либо носит случайный характер, либо оно вовсе противопоказано, так что сами художники зачастую уходят здесь в своего рода отвлечённый от жизни эстетизм, ратуя за чистоту искусства (теория искусства для искусства, к примеру). Противоречие в исходных установках и практике можно найти и там, где осуждению подлежит искусство, которое стремится навязать определённое потребительское поведение (массовое развлекательное искусство) и которое как раз носит практический характер. Осуждение происходит из ощущения того, что оно



приходит в противоречие с декларируемой идеологией, служит инструментом порабощения индивида, но не его эмансипации.

Образуемые здесь тандемы, к примеру, искусства и политики, или такой один из наиболее обсуждаемых в конце XX века как тандем искусства и науки, который застолбил новый формат искусства - так называемый *science art*, или возникающий на наших глазах тандем искусства и новых электронных технологий, приходят в столкновение с нормативностью социальной психологии, а это отражается на оценке нового искусства и его продвижении. Так что в числе задач искусства и его теории сегодня стоит широкий спектр теоретических и практических задач. Это и задачи экспериментального характера, решение которых способствовало бы расширению поля искусств и наук (к примеру, в *science art* адаптировать методы естественных и точных наук для создаваемого здесь нового художественного задания, а методы искусства — для формирования новых научных теорий). Это и задачи, которые бы включали в себя исследования воздействия новейших технологий на все сферы современной жизни и, прежде всего, на самого человека. Но искусство зависит также и от выбора (и наличия такового) стратегии и тактики художника, адекватной общественному настроению и требованиям политики.

Разговор по поводу искусства, что оно такое, вынужден периодически возобновляться, ставя под вопрос ту теорию, которая отвечала бы его опыту. Сам вопрос об искусстве в свете его новых практик, спросов и предложений - большой вызов для теории, которая не может сегодня игнорировать требование целерационального действия, а, с другой, не прояснять свои собственные границы и возможности. Искусство в своей практике оказывается между Сциллой теоретического солипсизма и Харибдой общественного потребления, причём с решением этой проблемы художнику не к кому особенно обратиться. Его сознание не может не впасть в шизоидное расстройство, избегая и совмещая таковые крайности, как его искусство не может не оказаться слишком произвольным в образовании своей «актуальной» идентичности (многоликой, неуловимой как общее и только потому – вот парадокс - «автономной», то есть узнаваемой как искусство, а не что другое), от совпадения с «образом» которой в следующий момент художник готов охотно откреститься.

В рамках исследуемого вопроса это приводит к тому, что новые форматы и жанры искусства не находят для себя должной (не противоречивой, способной распространяться на всё поле опыта) теоретической оптики для апробации собственного развития. Это определяется и тем, что теория искусства связана не только с изменениями художественной практики, но и с устройением самого теоретического поля. В каком-то плане здесь намечается новый материал для выявления какого-то исходного противоречия теории и практики, которое по своему проявляется во многих направлениях философии, а также в гуманитарных и общественных науках и которое лишь на первый взгляд обязано устареванию классических онтологических схем познания, а также их интерпретационных моделей в не классических построениях. Теория указывает на свой источник как на какое-то особое онтологическое измерение, которое мыслится



как абсолютно автономный источник собственного бытия. По-видимому, не важно, как он называется, опыт или сознание (возможно, именно это заставляет некоторых медиологов настаивать сегодня и на технике как генераторе событий мысли). Определение границ и оснований самой теории и тех условий опыта, которые делают её по существу не востребованной, это первый шаг к постановке проблемы. Приложение теории к слишком произвольному ряду объектов, узкой выборке, с одной стороны, с другой, выявление её свойства изменять изучаемые объекты, но именно это и должно оказаться под подозрением, если не быть запрещено. Правило работы с человеческими реальностями могло бы войти в состав требования к самой теории («Любая хорошая теория поведения, построенная в общественных науках, должна оставаться действительной, даже став известной изучаемым объектам, иначе говоря, теория должна уметь пережить свою публикацию»). Понятно, что это потребует введения таких понятий, как «искусственная жизнь», «искусственная среда», «искусственная реальность», но не позволит остановиться на них как достаточных для теории искусства.

Проблема современности состоит в разрушении целостного воззрения на человека и его культуру. Наша позиция состоит в том, что искусственные оптики и среды этому способствуют, но сами собой ещё ничего не решают. Необходимо, как минимум, признать, что тот технологический сдвиг, который сегодня наблюдаем повсеместно, порождает новое пространство человеческого существования, эффект которого состоит в максимально полном использовании знаний о первоосновах живой и неживой материи. Новые технологии, до сих пор изменявшие главным образом окружающий мир, нацелены теперь на самого человека – его психическую и биологическую структуру, что потребует максимально полного знания о производимых здесь процессах. Человеку всё сложнее и сложнее самому стабилизировать себя в мире постоянно ускоряющегося информационного обмена, в мире всё более замещаемой реальности, многие процессы он опять же передоверяет технике. Разрешение проблемы нужно искать не только в поиске адаптационного поведения, которое бы соответствовало новым условиям выживания человека в искусственной среде, но и в новом определении состава жизни, которая включала бы в себя единство биологического, культурного, социального определения и поддерживающего его технологического фона. Новые технологии могли бы быть интересны как принцип разрешения проблемы нахождения правильного баланса и утверждения жизни в её широком понимании, а не своим применением в отчуждаемой от таковой познавательной сфере, и, тем более, не как оружие угрозы, нацеленное на уничтожение жизни.

В этом плане искусство, как и наука, как и вся культурная и общественная практика, определяется не в своей открытости формальным инновациям, но в плане восстановления целостного «образа и подобия» реальности, которое невозможно без обсуждения вопроса о человеке как его интегративном фокусе, развёрнутом в самые разные планы таковой. А это предполагает обретение способности ставить вопросы о собственном существовании, не исключая вопро-



шающего из самого средоточия жизни, которое здесь обретается как целое. На сколько сегодня эти вопросы могут быть поставлены в рамках существующих теоретических установок, равно как найти своего собеседника, это, безусловно, проблема, которую имеет смысл обсуждать. А пока обнуление ситуации, выпадение из системы какого-либо расчёта и отсчёта оказываются наиболее парадоксальными практиками искусства для продления его «новой истории» и эффективными стратегиями для установления границ его «новой теории», чуждой, но не отчуждаемой от состава его уже известного опыта.

И.В. Дёмин

РЕЛИГИОЗНЫЕ ИСТОКИ ИДЕИ ПРОГРЕССА

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Идея прогресса на протяжении последних трёх столетий играла в западной и мировой культуре определяющую роль. Начиная с XVIII века, она выступала в качестве мировоззренческого основания самых различных социальных и культурных движений и политических идеологий. Идея прогресса, по сути, стала секуляризованной версией христианской эсхатологии. Не будет преувеличением сказать, что *вера в прогресс* (его возможность, необходимость, необратимость и неизбежность) заменила для европейского человечества традиционную религиозную *веру в спасение*.

Идея прогресса имела не только мировоззренческое, но и важное методологическое значение. Эта идея выступала в качестве принципа описания и объяснения исторических и социально-культурных феноменов. Позитивистски ориентированная наука усматривала прогресс («улучшение», «совершенствование») в самых различных регионах бытия (живая природа, общество, история и даже мораль). В «парадигме прогресса» мыслили крупнейшие философы XVIII–XIX вв. – Кант, Гегель, Маркс, Конт, Спенсер, Ницше и др.

В период с середины XVIII до середины XX века идея прогресса в западной мысли, достигла своего зенита. Она стала не просто одной из важных идей Запада, но идеей *доминирующей*. «Независимо от того, основывалась ли вера в прогресс человечества в явном виде на том или ином физическом, биологическом, экономическом, технологическом, религиозном или метафизическом принципе, она была практически всеобщей среди самых просвещённых и передовых людей в период, простиравшийся от 1750 года до середины XX века»¹. Гораздо более важным, однако, представляется то обстоятельство, что теория прогресса в этот период определяла *контекст* обсуждения наиболее значимых для западной цивилизации идей и принципов.

Остановимся более подробно на религиозных истоках и предпосылках идеи и теории прогресса. Этот вопрос был детально рассмотрен русскими мыслителями – С. Н. Булгаковым, В. Ф. Эрном, Н. В. Устряловым и др.

¹ Нисбет Р. Прогресс: история идеи / Пер. с англ. Ю. Кузнецова и Гр. Сапова. – М.: ИРИСЭН, 2007. С. 278-279.



С. Н. Булгаков основную идею всякой теории прогресса видит в тождестве, совпадении «естественной необходимости» и «долженствования», детерминизма и телеологии: «будущее, наступающее с естественной необходимостью и подлежащее закону причинности, является вместе с тем и идеалом деятельности, т. е. долженствованием, нравственным приказом, обращенным к воле»¹. Всякая теория прогресса предполагает «конечное тождество причинной закономерности и разумной целесообразности»².

В числе основных предпосылок теории прогресса Булгаков указывает следующие: свобода воли как условие автономной жизни и нравственности; абсолютная ценность личности, способной к бесконечному развитию и совершенствованию; абсолютный разум, правящий миром и историей; «нравственный миропорядок, или царство нравственных целей»³. Выявив эти предпосылки теории прогресса, Булгаков констатирует, что все они входят как неустранимая часть в философию теизма, причём теизма именно *христианского*. Поэтому «основные проблемы теории прогресса суть вместе с тем и проблемы философии христианского теизма и разрешимы лишь на почве этой философии, а учение о прогрессе в действительности есть специфически христианская доктрина»⁴. Теория прогресса является, по словам С. Н. Булгакова, своего рода эсхатологией, «призванной воодушевить борцов и поддержать религиозную веру в конечное торжество добра»⁵.

Другой религиозный мыслитель В. Ф. Эрн также акцентирует внимание на христианских истоках идеи прогресса. «Обычно думают, – пишет Эрн, – что идея прогресса появилась впервые в XVIII веке, что ее открыли, как Колумб Америку, дотоле неизвестную, представители так называемого “Просвещения”. Подобные взгляды держатся только незнанием истории первоначального христианства. Не просветители XVIII века, а христианство I века, органически связанное с великими еврейскими пророками, утвердило в человечестве идею прогресса»⁶. Не может быть никакого противоречия между христианством и идеей прогресса, так как все теории прогресса XVIII и XIX веков выросли на почве христианского вероучения⁷.

Анализируя предпосылки теорий прогресса, Эрн приходит к выводу, что всякое суждение о прогрессе или регрессе основывается на скрытом признании «абсолютных начал»⁸. Идея прогресса неотделима от религиозной идеи «конца

¹Булгаков С. Н. Основные проблемы теории прогресса. URL: <http://www.vehi.net/bulgakov/progress.html> (дата обращения: 30.04.14).

² Там же.

³ Там же.

⁴ Там же.

⁵ Там же.

⁶ Эрн В.Ф. Идея катастрофического прогресса // Эрн В. Ф. Борьба за логос. Г. Скворода. Жизнь и учение. – Мн.: Харвест, М.: АСТ, 2000. С. 223.

⁷ Там же. С. 224.

⁸ Там же. С. 233.



истории». Прогресс мыслим лишь в контексте религиозного (христианского) миропонимания и только в этом контексте идея прогресса обретает свою значимость. Будучи *религиозной* по своему происхождению, идея прогресса не может быть до конца «секуляризирована». Различные секулярные («позитивные») теории прогресса являются неизбежно половинчатыми и непоследовательными: «Христианство самым коренным и принципиальнейшим образом отличается от этих представлений, но не потому, что оно отрицает их, а потому, что, принимая их целиком, оно требует слишком много другого, чего нет в этих теориях и что между тем является наиглавнейшим и существеннейшим»¹. Конечный вывод философа звучит так: «или прогресса нет, или же он есть усвоение Абсолютного»².

По словам Алена де Бенуа, в христианстве прогресс «мыслится скорее эсхатологически, чем исторически в полном смысле этого слова»³. Главное отличие «секулярной» (просвещенческой) идеи прогресса от христианского её понимания заключается в том, что «будущее» в светской версии занимает место потустороннего, а счастьем заменяет спасение. Это отличие весьма существенно, но его значение всё же не следует преувеличивать. Идея прогресса как спонтанно совершающегося улучшения и совершенствования – это *изначально* религиозная идея и другой она быть не может. Идея прогресса не может быть оторвана от своих религиозных корней и своего изначально духовного контекста. Полная переориентация общественного сознания с *идеи спасения* на *идею счастья* будет означать конец не только христианской веры, но и просвещенческой веры в прогресс.

Оптимистическую веру в прогресс существенно поколебали социальные катаклизмы и катастрофы XX века. Идея прогресса дала трещину. Сначала была поколеблена вера в возможность нравственного совершенствования человека и человечества. В настоящее время никто уже не верит в то, что «материальный прогресс делает человека лучше, а прогресс, достигнутый в одной области, автоматически перекидывается на другие»⁴. Прогрессистская модель общественного развития (и стоящая за ней линейная концепция времени) была подвергнута обоснованной и всесторонней критике со стороны наиболее влиятельных философских течений XX века (феноменологии, экзистенциализма, структурализма и постструктурализма, Франкфуртской школы и др.).

Наиболее радикальная критика прогрессистской модели общества и истории и всей рационалистической традиции философской мысли была развёрнута в рамках постмодернистской философской и культурологической рефлексии. В результате социально-гуманитарные науки в значительной степени были пере-

¹ Там же. С. 224.

² Эрн В.Ф. Идея катастрофического прогресса. С. 246.

³ Ален де Бенуа. [Против либерализма: к четвертой политической теории](#). – М.: Амфора, 2009. С. 122.

⁴ Там же. С. 131.



ориентированы с идеи прогресса на другие идеи и принципы (кризисность, фатализм, цикличность и т. д.).

С 60-х гг. XX века в рамках западной цивилизации формируется новый тип культуры и общества – «культура постмодерна» и «общество потребления». В отличие от индустриального общества XIX – первой половины XX в. современное «общество потребления» уже не верит в прогресс, оно ориентировано на самовоспроизводство и сохранение «статус-кво» (поддержание «высокого уровня потребления» или «высокого уровня жизни»), а не на долгосрочное развитие и совершенствование средствами науки и техники. Это находит выражение в появлении новых социальных теорий, альтернативных теории прогресса (теория цивилизаций, теория «пределов роста», теория катастроф и др.). Самого пристального внимания заслуживает тот факт, что углубление кризиса или катастрофа (экологический или технологический апокалипсис) представляются в «обществе потребления» более вероятными, ожидаемыми и правдоподобными сценариями, нежели «светлое будущее».

Очевидно, что теория прогресса в том виде, в каком она утвердилась в эпоху Просвещения, явно исчерпала себя. Однако не вызывает сомнений, что полный отказ от идеи прогресса чреват углублением мировоззренческого кризиса современного общества¹. В этой связи актуальным становится вопрос: какое новое значение и новое звучание может и должна обрести идея прогресса в наше время?

Литература

1. Ален де Бенуа. [Против либерализма: к четвертой политической теории](#). - М.: Амфора, 2009. - 480 с.
2. Булгаков С. Н. Основные проблемы теории прогресса. URL: <http://www.vehi.net/bulgakov/progress.html> (дата обращения: 05.05.14).
3. Дёмин И. В. Идея прогресса в философии русского космизма // Творчество. Культура. Наука. Выпуск V: Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием «Бизнес, наука, образование в контексте модернизации: спор философов и экономистов» / Отв. редактор О. В. Герасимов. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2013. – С. 91-99.
4. Нисбет Р. Прогресс: история идеи / Пер. с англ. Ю. Кузнецова и Гр. Сапова. – М.: ИРИСЭН, 2007. – 557 с.
5. Эрн В. Ф. Идея катастрофического прогресса // Эрн В. Ф. Борьба за логос. Г. Сковорода. Жизнь и учение. – Мн.: Харвест, М.: АСТ, 2000. – С. 222-247.

¹ См.: Дёмин И. В. Идея прогресса в философии русского космизма // Творчество. Культура. Наука. Выпуск V: Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием «Бизнес, наука, образование в контексте модернизации: спор философов и экономистов» / Отв. редактор О. В. Герасимов. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2013. – С. 91-99.



А.С. Злобин

ПРОБЛЕМА ВЫБОРА УЧИТЫВАЕМЫХ УСЛОВИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Во всех науках, изучающих процессы и явления физического мира, так или иначе используются теоретические и экспериментальные модели этих процессов и явлений.

Под моделью понимается такая мысленно представляемая или материально реализованная система, которая, отображая или воспроизводя объект исследования, способна замещать его так, что её изучение даёт нам новую информацию об этом объекте [1].

В данной работе модель рассматривается как составляющая научной теории, то есть теоретическая модель.

Одним из основных вопросов, возникающих при разработке теоретической модели является вопрос о том, какие условия (факторы) исследуемого процесса необходимо обязательно учитывать, а какими можно пренебречь. От этого будет зависеть степень соответствия модели реальному процессу.

Как правило, разработке теоретической модели какого-либо процесса предшествует наблюдение за ним в естественных и экспериментальных условиях. На основе этих наблюдений определяются закономерности протекания процесса, механизмы взаимодействия его элементов, их влияние друг на друга и т.п.

Принцип установления таких закономерностей посредством наблюдения за процессом или явлением называется принципом индукции. Возникает вопрос, вправе ли мы делать прогноз (строить теорию) относительно какого-либо процесса, основываясь на принципе индукции, то есть на предшествующих наблюдениях?

Карл Поппер подвергал критике принцип индукции [2], развивая рассуждения Дэвида Юма, который давал отрицательный ответ на вопрос «Оправдан ли в наших рассуждениях переход от случаев, встречавшихся в нашем опыте, к другим случаям, с которыми мы раньше не встречались?». Проблему, выраженную в этом вопросе, Поппер назвал логической проблемой индукции Юма. Однако Поппер предлагает свою формулировку данной проблемы: «Можно ли истинность некоторой объяснительной универсальной теории оправдать «эмпирическими причинами», то есть предположением истинности определённых проверочных высказываний, или высказываний наблюдения (которые, можно сказать, «основаны на опыте»)?».

По моему мнению, вводя новую формулировку Поппер переводит проблему в другую плоскость, к вопросу об истинности научных теорий, и её смысл заключается в том, что никакое количество случаев совпадения эмпирического опыта с прогнозами некоторой объяснительной теории не может служить твёрдым основанием истинности этой теории.



Здесь Поппер говорит уже о состоявшейся (сформулированной) научной теории, в то время как Юм подразумевает лишь её основу — закономерности, выведенные из наблюдения.

Недостатком исходной Юмовской формулировки является то, что, строго говоря, не очевидно, что же понимается под термином «случай». Если он означает возникновение определённого явления при некоторых условиях, то возникает вопрос: при каких условиях? В физическом мире определённое явление происходит при строго определённом наборе условий. И если этот набор условий учтён, то нет оснований не доверять принципу индукции.

Понятно, что в общем случае набор условий для любого явления бесконечно велик, и учёт всех условий, определяющих данное явление, не представляется возможным, однако для практических задач мы всегда ограничиваем этот набор только значимыми условиями, изменение которых приводят к значительной разнице в наблюдаемых явлениях. Из этого следует, что если, задавшись некоторым определённым набором условий, мы получаем разные явления, то это означает, что мы не включили в этот набор (иными словами упустили из поля зрения) какое-то или какие-то важные для ожидаемого явления условия.

В этом свете формулировка Поппера подразумевает, что даже если объяснительная теория в прошлом давала хороший прогноз возникновения некоторого явления, то это ещё не означает, что эта теория учитывает все условия, значимые для данного явления, и при принятом наборе условий может произойти явление, несколько отличающееся от ожидаемого.

На практике это приводит к тому, что на основе теории процессы и явления физического мира можно прогнозировать лишь с некоторой точностью, однако это не будет проблемой, если этой точности достаточно для области практического применения.

С этой точки зрения я бы сформулировал принцип индукции следующим образом: при одном и том же наборе условий происходит одно и то же явление.

Для практической науки его можно скорректировать так: при одном и том же наборе значимых условий происходят явления, отличия между которыми незначительны для некоторой практической области применения.

Таким образом, теоретическая модель должна включать только значимые условия (факторы).

Теперь перед нами возникает проблема: как определить, какие условия являются значимыми? Снова обратимся к Попперу и к его процедуре фальсификации теорий. Схематично она выглядит следующим образом:

$$P_1 \rightarrow TT \rightarrow EE \rightarrow P_2,$$

где P_1 — проблема, TT — пробная теория, EE — устранение ошибок в ходе её оценки, P_2 — новая проблема.

Под новой проблемой P_2 понимается состояние проблемы P_1 после того, как относительно неё были выдвинуты пробные объяснительные теории TT , которые в свою очередь подверглись тщательному критическому анализу и проверкам. В ходе этих проверок определяются слабые места EE теорий TT , а



также расширяется предметная область, первоначально охватываемая кругом вопросов P_1 , что приводит к новому (скорректированному) взгляду на исследуемое явление и новой проблеме (кругу вопросов) P_2 . При этом, как правило (но не обязательно), P_2 полностью включает в себя P_1 .

При дальнейшем исследовании проблемы приведённый алгоритм повторяется: выдвигаются новые пробные теории уже относительно P_2 , которые также подвергаются критике и проверкам, что порождает новую проблему (круг вопросов) P_3 и так далее.

Данный подход представляется мне весьма логичным, хотя Поппер и делает здесь акцент не столько на решении исходной проблемы P_1 , сколько на её развитии и расширении границ исследуемой предметной области.

Возвращаясь к нашему вопросу об определении достаточного набора значимых условий, я предлагаю использовать четырёхчленную схему Поппера, несколько её переформулировав: в качестве P_1 примем некоторый исходный набор значимых условий, который, как нам кажется в начале, удовлетворительно определяет некоторое интересующее нас явление, тогда TT — это теоретическая модель, учитывающая (включающая) только набор условий P_1 . Теперь мы должны установить, обладает ли TT достаточным соответствием реальному процессу, для чего подвергаем теоретическую основу TT умозрительным и эмпирическим проверкам. Если она проходит проверки и показывает хорошее согласование с эмпирическим опытом, то набор условий P_1 считается достаточным для правильного описания и прогнозирования исследуемого явления, а модель TT в достаточной степени соответствующей действительности. Иначе необходимо включить в P_1 дополнительные условия и учесть их в скорректированной модели.

Стоит добавить, что самым важным этапом здесь является этап нахождения и устранения несоответствий EE . На этом этапе необходимо убедиться, насколько это возможно, что принятая модель не только включает все значимые условия, но и правильно увязывает с ними элементы исследуемого процесса (то есть объясняет причинно-следственные связи между условиями и взаимодействием элементов друг с другом), кроме того, тут же необходимо постараться обнаружить условия, изначально включённые в набор P_1 , но не являющиеся значимыми, то есть незначительно влияющие на возникновение и протекание рассматриваемого процесса, и исключить их на следующем шаге.

В заключение необходимо сказать, что количество значимых условий определяется требуемой степенью соответствия между моделью и действительностью, которая, в свою очередь, зависит от области применения теории: чем универсальнее теория, тем выше должна быть степень соответствия и тем количество значимых условий, которые должна учитывать модель, будет больше.

Литература

1. Штофф В.А. Моделирование и философия. М : -Л: Наука, 1966. 302 с.
2. Поппер Карл Р. Объективное знание. Эволюционный подход. Пер. с англ. Д.Г. Лахути. Отв. ред. В.Н. Садовский. М. : Эдиториал УРСС, 2002. 384 с.



Н.Ю. Кривопалова

ПРИМЕНЕНИЕ ОБЩЕЙ ТЕОРИИ СИСТЕМ В ИСТОРИКО-НАУЧНОМ ПОЗНАНИИ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

В рамках общей теории систем (системного подхода) разработан универсальный категориальный аппарат, приложимый к изучению исторических явлений и процессов. В него входят понятия: "система", "элемент", "подсистема", "состав", "структура", "строение", "среда", "стадии" и "моменты" развития системы, а также принципы системности, целостности, равновесия и обратной связи, позволяющие объяснить изучаемый объект наиболее полно и глубоко [1].

Процесс применения элементов системного подхода в историческом познании начинается с 1970-х годов, и в большей степени выражается в тех направлениях конкретно-исторических исследований, в которых предмет исследования наиболее сложен, что делает его изучение традиционными описательными методами затруднительным. Из предметов изучения, с которыми имеет дело история, наиболее очевидна сложноорганизованность систем управления обществом. Именно этим объясняется тот факт, что в исследованиях по истории общественных управляющих структур системный подход раньше и ярче, чем в других направлениях стал неосознанно применяться. Это обстоятельство также обусловлено тем, что история государственного управления наиболее тесно из всех направлений в истории связана с социологией, где системный подход начал применяться раньше, чем в истории и теории управления.

В конкретно-исторических исследованиях 70-х гг. еще не говорится о системном подходе, но его отдельные элементы фактически начинают применяться. Эта тенденция отчетливо проявляется в серии работ по изучению государственных органов. Так, в частности, в исследованиях Л.В. Храмкова по истории Советов в годы Великой Отечественной войны, где автор на значительном фактическом материале характеризует структуру, состав, формы и методы работы областных Советов Поволжья, детально анализирует основные направления их деятельности [2].

Этот подход развивается в 90-е гг. в исследованиях Т.П. Коржихиной по истории советского государства и его учреждений [3], В.Н. Данилова по истории чрезвычайных органах власти в годы войны [4]. Для данных работ характерно широко использование понятий системного подхода: общественно-политическая система, государственная система, система власти, система Советов, система управления, тоталитарная система; состав, строение и структура органов управления; децентрализованная структура, функционирование и др.

Значительное развитие методология системного подхода получила в исследованиях Самарского Центра аналитической истории и исторической информатики (научный руководитель к.и.н., доц. М.В. Астахов) с начала 2000-х



гг. Так, в конкретно-исторической монографии В.А. Лапандина (2003 г.), посвященной Комучу, как органу власти в годы гражданской войны, впервые прямо говорится, что теоретико-концептуальной основой его исследования является системный подход. Во введении дается определение общества с точки зрения системного подхода как «сложного, многоуровневого в своем строении, развивающегося социального организма, проходящего качественно различные восходящие ступени» [5]. В строении общества автор выделяет подсистемы материального, духовного, социального воспроизводства, политическую систему и систему институтов культуры. Сама работа разделена на две части: в первой главе проводится анализ структуры и состава Комуча, а во второй главе дается характеристика его деятельности по направлениям.

На основе системного подхода в исследовании Е.Н. Филимоновой (2006 г.) анализируется эволюция системы государственных органов власти России в годы Великой Отечественной войны, изменение их функций, структуры и состава. Частно-теоретической основой работы «избирается системная теория государства, в рамках которой государство понимается как система социальных институтов управления, функционирующих на основе насилия с целью обеспечения внутренних и внешних условий воспроизводства и развития общества» [6].

В монографии С.В. Саловой «Буржуазия в России в годы первой мировой войны 1914 – 1917 гг.: историко-региональный аспект – Самарская, Симбирская, Саратовская губернии» (2005 г.) делается попытка изучать социальную группу – класс буржуазии с позиций «системно-диалектического подхода». Во введении к исследованию С.В. Салова пишет, что теоретико-методологической основой работы является «системно-диалектический подход», который предполагает «рассмотрение всякого объекта в развитии, во взаимодействии его внутренних элементов и совокупности его внешних взаимосвязей» [7]. В содержательной части работы применение системного подхода проявилось в выделении различных направлений деятельности буржуазии и изучении этого класса как одной из подсистем общества, взаимодействующей с другими подсистемами.

Наиболее развернутое определение общества с учетом основных свойств социальных систем формулирует в своей работе М.В. Астахов (2005 г.): «В рамках системного подхода общество в его историческом изменении понимается как социальный организм – как сложная, многоуровневая, открытая, органическая система, воспроизводящаяся и развивающаяся в результате обмена веществом, энергией и информацией с природной средой» [8].

Таким образом, на протяжении рассматриваемого периода происходил последовательный процесс утверждения системного подхода как наиболее эффективного и перспективного метода в исторических исследованиях.

Литература

1. Берталани Л. фон. История и статус общей теории систем // Системные исследования: Методологические проблемы. Ежегодник. – М., 1973;



Афанасьев В.Г. Системность и общество. – М., 1980; Могилевский В.Д. Методология систем / Отделение экономики РАН. – М., 1999.

2. Храмков Л.В. Работа Советов в годы Великой Отечественной войны. Куйбышев, 1975; Храмков Л.В. Во имя победы. Деятельность местных Советов Поволжья в годы Великой Отечественной войны (1941-1945). – Саратов, 1978.

3. Коржихина Т.П. Советское государство и его учреждения: ноябрь 1917 г. – декабрь 1991 г. – М., 1995.

4. Данилов В.Н. Война и власть: чрезвычайные органы власти регионов России в годы Великой Отечественной войны / Под ред. док. ист. наук А.И. Авруса. – Саратов, 1996.

5. Лапандин В.А. Комитет членов Учредительного собрания: структура власти и политическая деятельность (июнь 1918 – январь 1919 гг.). – Самара, 2003. С. 23.

6. Филимонова Е.Н. Государственные органы власти России в годы Великой Отечественной войны 1941-1945 гг.: историко-региональный аспект – городские Советы Куйбышевской, Пензенской и Ульяновской областей. – Самара, 2006. С. 28-29.

7. Салова С.В. Буржуазия в России в годы первой мировой войны 1914 – 1917 гг.: историко-региональный аспект – Самарская, Симбирская, Саратовская губернии. – Самара, 2005. С. 25.

8. Астахов М.В. Советское общество накануне Великой Отечественной войны: проблема социальной сущности // Проблемы истории Великой Отечественной войны 1941-1945 гг. Вып. 8. – Самара, 2005. С. 5-8.

С.И. Лихачева

ХУДОЖНИК И ИНЖЕНЕР – ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ВСЕЛЕННЫЕ?

Деление на физиков и лириков, когда-то столь популярное, вряд ли сохранило свою актуальность в XXI веке – веке технических инноваций, когда гуманитарное знание испытывает влияние сферы технической и зачастую оказывается в этом диалоге на вторых ролях. Тем не менее, и сейчас можно сказать, что искусство вообще и изобразительное искусство в частности стоит особняком по отношению к большинству технических новшеств. И, если инженер – это человек, чья профессиональная деятельность напрямую связана с развитием техники, то художник – это тот, кто «мучается без полароида». Но, если рассмотреть две эти профессии с точки зрения того, как они осуществляют себя, каждый в своей сфере деятельности, то можно увидеть много схожих моментов, позволяющих проводить параллели между двумя, казалось бы, противоположными специальностями.

В данном случае предметом рассуждения будет творчество художника и изобретательская деятельность инженера, их сходство и различие.



Создание любого произведения изобразительного искусства, так же как и любого изобретения включает в себя два этапа: 1) возникновение идеи; 2) воплощения идеи в материале.

Первый этап в большей степени интуитивен. Это скорее этап эмоционального переживания, не связанного напрямую с рацией, в результате которого и возникает идея будущей картины или изобретения, соответственно. Здесь и художник, и инженер проявляют себя практически одинаково.

Когда идея уже более-менее ясна, следует этап её воплощения в материале, от самых небольших набросков до окончательного, завершающего мазка или штриха у художника и от первых расчетов до претворения изобретения в жизнь у инженера. И в рамках второго – рационального – этапа художника, наравне с инженером, вполне можно рассматривать как техника по целому ряду причин. Потому что, какова бы ни была идея произведения, как говорил М. Врубель, воплощена она должна быть не трясущимися руками истерика, а спокойными руками мастера. Сам процесс написания картины Врубель сравнивал с движением паровоза, в котором, чтобы он двигался, все детали должны функционировать, подчиняясь одной общей цели – движению вперед [1]. И, безусловно, так оно и есть. Невозможно написать картину постоянно находясь на уровне интуитивного её переживания. В какой-то момент художник абстрагируется от этого переживания и просто пишет, то есть смешивает краски и создает на холсте нужный ему образ.

Для того, чтобы этот образ мог быть воплощен, художнику требуется огромное количество знаний и умений, он должен в полной мере владеть техникой живописи и рисунка, причем неважно, в каком стиле он пишет, гораздо важнее то, что любой стиль и направление диктуют свои законы. Выбирая тот или иной творческий метод, художник автоматически отсекает все прочие варианты воплощения своей идеи [2]. Например, если художник пишет реалистичный пейзаж, то он должен играть по одним правилам: соблюдать законы перспективы и т.д., если же он решает создать более декоративное изображение, вытащить всё на передний план, то здесь требования будут другие. Иными словами, и реалистичные, и абстрактные изображения создаются при помощи определенных технических методов и средств.

Любое изображение, с технической точки зрения, – это некие линии, пятна, цветовые, тональные сочетания и т.п. И, чтобы привести те или иные выразительные средства к некоему равновесию, создать гармонию – а именно эту цель преследует, в конечном счете, любой художник, – необходимо знать, как это делается. То есть, здесь, на рациональном этапе воплощения образа, актуальным становится *знание*. Любой, кто учился хотя бы в художественной школе, наверняка слышал расхожую фразу: «рисовать нужно не то, что видишь, а то, что знаешь». Это утверждение относится в первую очередь к рисованию с натуры, так как именно в этом случае художнику необходимо помнить множество технических законов. Практически для всего, для изображения любого предмета существуют определенные технические приёмы и правила: как рисовать предметы вращения, как соблюдать законы перспективы, правильно пере-



давать пропорции в изображении тех или иных объектов. Всё это требует строго рационального подхода к процессу рисования. И даже когда учатся рисовать или писать живой портрет, то меньше всего включают эмоциональную составляющую. Студент просто должен знать, что «голова – кубик, шея – цилиндр», что глаз – это не «лепесточек», а «шарик», должен помнить, что контура предметов не существует, должен уметь «зацепиться» взглядом за характерные детали лица и т.д.

С этой точки зрения также можно провести параллель между художником и инженером, так как работа последнего также требует знания множества технических законов и правил. И инженеру, так же как и художнику, для воплощения в жизнь того или иного изобретения необходимо уметь применить эти знания на практике.

Однако же сходство между инженером и художником очевидно только если говорить о художнике как о рисовальщике, то есть оценивать его работу исключительно с точки зрения ремесла, овладения техникой живописи и рисунка. Техника – только часть творческого процесса, причем не всегда определяющая. Можно пройти все ступени обучения изобразительному искусству, закончить лучший вуз, стать гениальным рисовальщиком, но не стать художником. А можно и не быть или почти не быть рисовальщиком и быть художником.

У инженера творческая составляющая должна присутствовать на этапе возникновения идеи изобретения, когда образ существует на интуитивном, нерациональном уровне. А дальше – для воплощения этой идеи инженер должен будет рассматривать её исключительно с точки зрения радио. И, что важно – довести работу до логического завершения он также должен именно с позиции рациональности. Изобретение не может быть недо воплощенным, все расчеты должны сойтись, иначе всё рухнет. То есть, для воплощения своего проекта в жизнь инженеру достаточно строго следовать правилам, то есть проявлять не столько креативность, сколько технические навыки.

Другой аспект сравнения художника и инженера заключается в том, что инженер в процессе работы над проектом четко осознает все технические методы и средства его воплощения, то есть знает, что и как делать и действует в соответствии с этим знанием, руководствуется им. Художник – напротив – никогда не думает ни над конкретной линией, ни над тональным или цветовым решением. Ремесло позволяет ему воплощать образ, но не является при этом объектом осмысления, оно остается как бы за скобками творческого процесса. Позволяя художнику создать свое произведение, оно не определяет ни ход работы, ни её завершение.

Вопрос завершения работы также принципиально важен в сравнении деятельности художника и инженера. Картина, чтобы быть «живой», должна оставаться чуть-чуть незаконченной. Это означает, что всегда должен существовать некий зазор, пустота, недоговоренность, которая сделает возможным диалог изображения и реципиента и, соответственно, обеспечит возникновение дополнительных смыслов в процессе коммуникации. Причем недоговоренность и



незаконченность должны присутствовать как на уровне техники – в самой картине, так и на интуитивном, нерациональном уровне – в процессе написания картины. Не существует никаких четких указаний, когда художнику следует остановиться в своей работе, это определяется именно на интуитивном уровне. В работе инженера такое вряд ли возможно. Там есть четкие указания, как раз с точки зрения техники, как рассчитать и воплотить в жизнь тот или иной проект.

Итак, в работе инженера творческая составляющая присутствует в большей мере на первом этапе создания проекта, а дальше – на этапе воплощения – ей на смену приходит рациональная составляющая, которая как раз и позволяет осуществить задуманное. У художника рациональное восприятие присутствует либо на этапе обучения ремеслу, либо – если речь идет о творческом процессе – остается скорее на периферии его, позволяя овеществить идею, воплотить образ, но не определяя в полной мере ни этапы, ни завершение работы.

Труд инженера подобен вектору, направленному от этапа интуитивного возникновения образа к рациональному этапу его воплощения и далее – к законченному проекту, изобретению. А труд художника – это круг, с интуитивного этапа всё начинается, и им же заканчивается. Рациональная составляющая вплетена в этот круг, присутствует в нем, но не является решающей. Труд инженера дискретен, его можно разделить на своего рода отрезки, проследить движение вектора, вернуться, если необходимо, в какую-то точку этого движения. Труд художника – континуален, так как, несмотря на то, что процесс создания картины также протяжен во времени, но сами этапы работы четко разделить и проследить невозможно. Любое подобное деление будет условным и приблизительным. Законченная картина дана зрителю как единый образ. Вся техническая сторона написания её оказывается скрыта и неважна для зрителя, в отличие от стадий работы над изобретением, каждая из которых обладает определенной ценностью и значима для всего рационального этапа в целом. В изобразительном искусстве актуальность сохраняет только интуитивный этап переживания образа, поскольку именно на этом уровне художник решает, когда работа окончена.

Литература

1. Дмитриева Н.А. Михаил Врубель. М.: Детская литература, 1988.
2. Бахтин М.М. вопросы литературы и эстетики. М.: Художественная литература, 1975.
3. История эстетики. Памятники мировой эстетической мысли. Т. 2. М.: Искусство, 1964. 835 с.



А.Ю. Нестеров

ПРОЕКТИРОВАНИЕ БУДУЩЕГО В СВЕТЕ ПРОБЛЕМЫ РЕФЕРЕНЦИИ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Одна из наиболее существенных проблем, возникающих при обсуждении референции, - это проблема будущего. Начиная с Августина общим местом является утверждение, что будущее есть только «ожидание» [1], не фиксируемое чувственным восприятием и не учитываемое в языке референцией. Восприятие и не опосредованные рефлексией реакции организма на восприятие осуществляются в настоящем, а это настоящее учитывается мозгом с задержкой, так что дескриптивный язык, описывающий знание-знакомство, имеет дело лишь с прошлым, зафиксированным в кратковременной памяти. Такое положение вещей заставляло, например, софистов задаваться вопросом: «Как можно спрашивать о том, чего ты не знаешь?». Каким образом можно учитывать будущее, если чувственному восприятию недоступно даже настоящее как настоящее? Как возможно «новое», если его по определению нельзя описать референциальным языком? Применительно к теории научного познания эта ситуация описана К. Р. Поппером [5] как проблема индукции, применительно к теории деятельности и управления – В. С. Диевым [2] как проблема принятия решения в условиях неопределённости.

Будущее – то, что отсутствует в чувственном восприятии – описывается, планируется, рассматривается как среда эволюции, место для нового. Неопределённость снимается принятием решения, непрогнозируемость – теорией, основанной на той или иной системе рационально обоснованных истинностных убеждений. Вполне очевидно, что дескриптивный референциальный язык в описании будущего заменяется фикциональным языком, создающим системы образов будущего, различающихся функциями в отношении действительного мира: описание либо самоценно и в этом случае носит сугубо художественный характер, либо выполняет перформативную функцию и тогда получает характер шаблона для осуществления будущего.

Как стратегия целеполагания в рациональном теоретическом обсуждении или как опосредованное невербализованной рефлексией основание практического действия, образ будущего подчинён общим правилам осуществления человеческого сознания, фиксируемым в той или иной трансцендентальной модели. Отличие будущего от настоящего в фикциональном языке связано с нарушением или проблематизацией существенных для определения настоящего границ: будущее требует маркеров, выделяющих его на фоне настоящего. Например, стандартный пример, приводимый Августином [1], Л. Виттгенштейном [7], К.Р. Поппером [5] и другими, «завтра взойдёт солнце», описывает не будущее, но такое известное из наблюдения положение дел как «восход солнца», где оно имеет место в связи с «завтра», грамматическое будущее время фикси-



рует в этом высказывании неуверенность говорящего субъекта (принципиальную для него ненаблюдаемость здесь и сейчас восхода солнца). Напротив, высказывание вроде «у людей отрасли крылья» демонстрирует не наблюдаемое в настоящем инобытие человеческого, в качестве условия наблюдаемости требующее усилия представления, связанного с нарушением границ опыта: грамматическое время выражает лишь модальность, интерпретируемую субъектом как осуществимость или неосуществимость сформулированного так инобытия.

Тезис, определяющий настоящее размышление, заключается в том, что проектирование будущего подразумевает деятельность сознания, связанную с формированием представлений, отличных от тех объектов, что зафиксированы в опыте, и выражающуюся фикциональным языком. Будущее как образ, как инобытие опыта строится за счёт нарушения границ, определяющих чувственное восприятие, рассудок и их прямое или рефлексивное соотнесение. Понятно, что, например, для советской научной фантастики будущее было пространством рефлексии, способом осмысления настоящего, и это в целом характерный для литературы ход, обсуждать человеческое, как оно есть здесь и сейчас, помещая его в сконструированные модели инобытия; однако интерес представляют наиболее общие механизмы построения будущего в виде комбинаций тех или иных способов нарушения границ индивидуального и коллективного опыта.

В сформулированном тезисе «будущее» и «инобытие опыта» являются полными синонимами. Важно, что грамматические структуры языка, выражающие те или иные представления о будущем, не задают механизмы формирования этих представлений: определяющее лингвистический поворот разграничение между смыслом и значением знака сохраняет свою актуальность и для фикционального языка. Отличие между фикциональным и дескриптивным языком заключается в том, что система значений второго определена чувственным восприятием и в конечном итоге – законами физики, позволяющими построить физикалистски очищенный язык, например, научного знания; система значений первого определена способом формирования инобытия опыта, характеризующим деятельность воображения, творчества, создания нового. Как синтаксис естественного языка не выводим и не переводим в правила расположения и комбинирования объектов чувственного восприятия (и наоборот), так и фикциональные представления не определены языковой грамматикой, но только выражены посредством неё [3]. Сформулированный тезис позволяет, таким образом, по аналогии с ранними исследованиями Венского кружка [6], сформулировать задачу очищения фикционального языка (в смысле прояснения референции как избавления от метафизики) от избыточности и неясности в актах создания и рецепции «будущего».

Соответственно на фоне исследований физического мира и грамматик тех или иных языков возникает вопрос о структуре образа будущего, выражаемой, но не определяемой той или иной суммой языков. Второй тезис, выносимый на обсуждение, заключается в том, что магистральными способами построения этого образа являются утопия и антиутопия. В сугубо методологическом смыс-



ле утопия и антиутопия представляются коррелятами идеалистского и реалистского способов мышления и содержательно раскрываются в виде предельно конкретной суммы границ, преодоление которых учитывается субъектом при формировании фикционального представления. Обсуждение того содержания, которое создаётся индивидом в виде представлений, выходит за рамки тезисов или отдельной статьи; его структурирование возможно, как представляется, через учёт онтологических, эпистемологических и этических (в широком смысле) границ, где принципиальная разница между утопией и антиутопией обнаруживается в области этики.

В рамках научно-технического прогресса идеальное (представление, состояние или процесс в субъективной реальности индивида) становится реальным тогда, когда удаётся создать его материальное выражение, доступное чувственному восприятию или рассудку. Это в целом вопрос технического сознания. Утопия и антутопия же как способы комбинирования представлений соотносят идеальное и реальное в виде суммы нарушений онтологических, эпистемологических и этических границ, релевантных для индивидуального сознания, со способами учёта этих нарушений в коллективном (объективном или общественном) и абсолютном сознании. Утопия или антиутопия возникают при попытках соотнести в представлении индивидуальные и объективные структуры самосознания, представляя собой разницу комбинаций снятых индивидуальных, объективных и абсолютных границ. Утопией можно было бы назвать когерентность представлений на всех трёх уровнях, так что в фикциональном образе инобытию индивидуального соответствует инобытие общественного и инобытие абсолютного. Антиутопией – иронию того или иного типа, выражающуюся в рассогласовании тех или иных уровней рефлексии. В эпистемологическом плане утопии соответствует «знание о знании», антиутопии – «знание о незнании».

Антиутопия – это, как правило, способ организации фикционального художественного текста. Например, нарушение структуры абсолютного сознания при неизменности рефлексии индивидуального и коллективного уровня создаёт сюжет «ущербного бога» в «Солярисе» С.Лема или концепцию равнодушного вселенского зла у Г.Ф.Лавкрафта, преодоление индивидуальных пределов познания при неизменности социальной матрицы или же трансформация социальных структур без трансформации индивидуального самосознания – это классические сюжеты антиутопии XX в. Если в беллетристике утопия встречается крайне редко (и, как правило, в виде сюжета воспитания человека, например, «Звёздный десант» Р.А.Хайнлайна), то в глобальных религиозных и философских дискурсах утопия – это классический сюжет будущего. Реализм антиутопии заключается в маркировании, проблематизации границ, подчёркивании сложности их учёта и снятия, идеализм утопии – в вере в ту или иную трансцендентальную схему, допускающую снятие всех мыслимых противоречий.

Завершающий тезис заключается в том, что вопрос о будущем, о системах фикциональных представлений и об их структурах, в максимально общем виде понимаемых в виде утопии или антиутопии, крайне значим при обсужде-



нии идеологии. Под идеологией понимаются сюжеты взросления человека, транслируемые обществом в виде ответов на неразрешимые философские вопросы, в рамках которых взаимодействуют научное, религиозное, архаическое и бытовое мировоззрение [4]. Очевидно, что индивидуальное мировоззрение всегда стремится к личной утопии, и задача конструирования будущего (как наиболее важная задача идеологии в целом) заключается в том, чтобы расширять границы утопии посредством антиутопии, сохраняя утопию как цель развития человека и человечества.

Литература

1. Августин А. Исповедь. – М., 1991.
2. Диев В.С. Управление риском: методологические и ценностные аспекты // Вестн. Новосиб. гос. ун-та. Серия: Философия. Том 5, выпуск 2. – Новосибирск, 2007. С.92-97.
3. Нестеров А. Ю. Проблема определения понятия фантастического // Вестник Томского государственного университета. – Томск, 2007. № 305. С.35-42.
4. Нестеров А. Ю. Проблема человека в свете идеологии эволюционного трансгуманизма // Глобальное будущее 2045. Конвергентные технологии (НБИКС) и трансгуманистическая эволюция. – М., 2013. С.183-193.
5. Поппер К. Объективное знание. Эволюционный подход. – М., 2002.
6. Stöltzner M., Uebel T. (Hrsg.) Wiener Kreis. – Hamburg, 2006.
7. Wittgenstein L. Tractatus logico-philosophicus / Werkausgabe in 8 Bänden. Bd.1. – F.a.M., 1999.

О.Ю. Никифоров

ПОДХОД К АВТОМАТИЗАЦИИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ФИЛОСОФИИ¹

(Вологодский государственный университет)

Применение автоматизированные информационные системы при исследованиях в области гуманитарных наук носит справочно-вспомогательных характер. Здесь в первую очередь используются электронные энциклопедии, имеющие универсальный или специализированный научный характер. Философия исключением не является.

Существенной проблемой является практически полное отсутствие современных эффективных интерактивных информационных систем, которые представляли бы ключевые идеи философии системно и концептуально, а, од-

¹ Работа выполнена при поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ), проект № 15-07-01322 «Открытая информационная система «История философских идей».



современно с этим, в доступной форме, что необходимо для проведения научных исследований и реализации образовательного процесса в области философии.

В настоящее время на базе Вологодского государственного университета создается открытая информационная система «История философских идей», которая представляет ключевые философские идеи в структурированном виде с учетом всех значимых философских, исторических и общекультурных контекстов. Доступ к интерфейсу информационной системы осуществляется через web-сайт проекта, который также содержит большую базу философско-исторического контента по истории идей.

Главной задачей, решение которой заложено в основу проекта, является накопление данных о ключевых философских идеях в историко-культурологическом контексте. Применение данной информационной системы способно существенно увеличить скорость и эффективность аналитической обработки философско-исторического контента при рациональной реконструкции ключевых философских идей.

Проблема генерации информационной системы «История философских идей» включает в себя решение двух ключевых взаимосвязанных задач: философской и технической. Философская задача состоит в выделении спектра базовых философских идей и их описание на разных этапах развития с учетом категориального, философского и общекультурного контекста, а также доминирующих дискурсов. Техническая задача заключается в построении и дальнейшей реализации модели информационной системы.

Эффективность работы информационной системы «История философских идей» достигается за счет использования объектной модели. Каждая идея описывается как динамический объект, который имеет некоторое множество устойчивых состояний. Объект изменяет свое состояние во времени и раскрывается с учетом периода развития философской мысли, лингвистического, исторического, социального, культурного контекста.

Динамика объектов-идей рассматривается относительно оси времени, где изменения состояния объекта отображаются с помощью специальных выделенных реперных точек, которые в данной модели выступают в качестве узлов дефиниции [1]. Ключевое значение для построения модели имеет тот факт, что идея подразумевает устойчивое состояние на отрезке между двумя последовательно идущими узлами дефиниции и рассматривается как неизменяющаяся. На каждом таком отрезке объекты-идеи описываются в контексте доминирующих дискурсов, что позволяет проанализировать их не только в соответствии с периодом развития философской мысли, но и в лингвистическом, историческом, социальном, культурологическом аспекте [2].

Графический интерфейс информационной системы представляет собой ленту времени в форме полосы прокрутки, на которую нанесены узлы дефиниции анализируемой идеи. Пользователь, рассматривая конкретную идею на данной оси времени, может выбрать любой отрезок, соответствующий ее устойчивому состоянию и получить визуальную информацию, включающую в



себя актуальное описание самого объекта, его окружение, связанные с ним идеи, категории, концепции. Все элементы окружения объекта идеи снабжены удобными средствами навигации и переключения.

Целевой аудиторией информационной системы «История философских идей» являются исследователи в области философии. Кроме того, данная система может активно применяться в научной работе и на различных ступенях образования аспирантами, студентами, преподавателями вузов и школьниками для организации проектной деятельности на уроках истории и обществознания.

Сгенерированная модель информационной системы, разработанное программное обеспечение и общая методика организации философского контента могут быть использованы для создания аналогичных информационных систем по другим областям знания, прежде всего там, где применимы методы истории идей – культурологии, антропологии, литературоведения и др.

Литература

1. Ястреб Н.А., Никифоров О.Ю. Проект открытой информационной системы «История философских идей» // Философские проблемы информационных технологий и киберпространства. – 2013. - № 2. – С. 68–73.

2. Никифоров О.Ю., Ястреб Н.А. Информационная система «История философских идей» // Системные стратегии: наука, образование, информационные технологии. Материалы Всероссийской конференции г. Вологда, ВГПУ, 24–25 сентября 2013 г. Под ред. О.Б. Голубева и Н.А. Ястреб. – Вологда.: ВГПУ, 2013. – С. 53–56.

Г.А. Трафимова

НЕЙРОКОМПЬЮТЕРНАЯ ПАРАДИГМА В СОЦИАЛЬНЫХ И ГУМАНИТАРНЫХ НАУКАХ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

В современном обществе результатом «информационной революции» стало интенсивное использование информационных и телекоммуникационных технологий (как организационными структурами различного уровня, так и отдельными людьми). Поскольку основные преимущества информационных технологий связаны с их использованием как инструмента для решения различных задач, во многих сферах жизни общества широкое распространение получили интеллектуальные информационные системы. Наиболее распространены они в экономике, бизнесе, финансовой сфере, сфере государственного управления, все активнее их распространение затрагивает социальную сферу (медицину, образование). Благодаря развитию новых отраслей науки и техники, появлению новых технологий и товаров, получающих все большее распространение на рынке, информационные технологии стали масштабным социально-экономическим явлением.



Для адекватного использования информационных технологий необходима не просто компьютерная грамотность, а современный уровень информационной культуры. И формировать этот уровень необходимо с детства, поэтому в России на основании принятого федерального компонента государственного стандарта общего образования от 5 марта 2004 г. (№ 1089) информатика включена в перечень основных учебных предметов для начальной школы.

Однако еще более впечатляющими выглядят информационные технологии, когда они не только дают возможности для повышения эффективности в различных видах человеческой деятельности, но и помогают в решении проблем социального прогнозирования.

Вместе с тем, нельзя не видеть и обратную сторону наступательного развития информационных технологий. На наш взгляд, в настоящее время происходит недооценка или игнорирование сопряженных с развитием информационных технологий рисков. Так, с социально-политической точки зрения происходит вторжение информационных технологий в частную жизнь людей, что проявляется в доступности личной информации для любых заинтересованных в ней субъектов. С точки зрения воздействия на личностный уровень, появляются все новые и новые нарушения в поведении человека, которые вызваны негативным воздействием развития информационных технологий. Уже описан целый ряд психологических и поведенческих проблем, которые часто развиваются у людей, активно использующих Интернет и мобильную связь: Интернет-зависимость, в том числе зависимость от онлайн-игр, Facebook-депрессия, киберболезнь («цифровая морская болезнь»), «эффект Google», номофобия (страх остаться без мобильного телефона) и др.

Современными исследованиями установлено, что людям, много времени проводящим в Интернете, становится все труднее читать длинные статьи со сложными предложениями и концентрироваться на их содержании. Длительное систематическое использование Интернет-ресурсов, от 1,5 лет и выше, характеризуется тенденцией снижения эффективности мыслительных способностей, проявляющейся в увеличении числа школьников с более низкими показателями интеллектуального развития [1, с.19]. Научное осмысление подобных проблем привело к появлению новой психологической отрасли – «психологии Интернета», которая характеризуется постоянным ростом проводимых в ее рамках исследований.

В последнее время при изучении различных проблем общества все чаще используются междисциплинарные подходы, одним из которых стала нейрокомпьютерная парадигма. Нейрокомпьютерная тема становится значимым разделом гуманитарных и социальных наук, изучающих тенденции развития информационного общества [2].

Нейрокомпьютер – одно из первых направлений исследования искусственного интеллекта, который понимается как сложная многоуровневая система междисциплинарных исследований и выступает главным фактором становления высокоразвитой электронной культуры [6, с.105]. При этом не удивительно, что при изучении проблем массового сознания и поведения людей все более



перспективным становится использование моделей нейронных сетей. Назовем лишь самый известный пример - моделирование электорального поведения, которое развивается на стыке разных наук с середины прошлого века. По мнению ряда исследователей, применение нейросетевых технологий с большой степенью вероятности позволяет предсказывать результаты выборов [3; 4].

Использование нейрокомпьютерной парадигмы для осуществления эвристических приемов изучения общества сопровождается применением информационного подхода к феноменам сознания человека и к деятельности головного мозга.

По мнению Д.И. Дубровского, проблемы земной цивилизации действительно требуют преобразования природы человека в плане преодоления его потребительства, агрессивности и эгоистического своеволия, а информационный подход способен в существенной мере содействовать решению задач когнитивной науки и развитию когнитивных технологий [7, с.95-96]. Вместе с тем, несмотря на существующую экспериментальную программу исследований в области расшифровки мозговых кодов психических явлений, все еще «трудно говорить о каком-либо концептуальном прорыве в решении проблемы «сознание и мозг» [7, с.92.]. Большинство представителей нейронаук признают, что одна из главных проблем – понять, как именно мозговые структуры воздействуют на различные телесные процессы, что позволит человеку расширить диапазон возможностей управления собственной мозговой нейродинамикой, а тем самым и собственными телесными процессами.

Вместе с тем, А.Ю. Алексеев уже в ближайшее время видит необходимость создания проектов искусственной личности и искусственного общества. Так, проект искусственной личности предполагает создание «псевдосознательных» механизмов имитации интеллектуальной, эмоциональной, волевой сферы личности, ставит задачу компьютерного воспроизведения поведения, основанного на моральных нормах, моделирует самость [5]. В свою очередь, проект искусственного общества изучает искусственных агентов, устанавливающих подобие социальных связей на основе моделирования всего многообразия факторов, присущих реальным человеческим общностям. По мнению А.Ю. Алексеева, в настоящее время это и есть правильная стратегия решения психотехнической проблемы [6, с.129].

Однако самой масштабной из всех является решение проблемы реального воспроизведения феноменов сознания на базе электронных технологий. По большому счету, информационный подход к сознанию предполагает следующие перспективы: «человек приобретает способность по своей воле оперировать нейродинамическими носителями феноменов сознания, управлять энергетическим обеспечением этих операций, в том числе соответствующими биохимическими процессами; изменять программы действий, следовательно, изменять их кодовые нейродинамические структуры; расширять контуры психической регуляции; интенсифицировать творческие процессы, создавать новые ресурсы психической саморегуляции, причем не только функциональной, но и нравственной» [6, с.128].



Этот глобальный проект ориентирован на длительную перспективу и, несомненно, способен изменить развитие всей человеческой цивилизации. Поэтому необходимо уже сейчас, основываясь на достижениях интегративного комплекса НБИКС-технологий (комплекса из нанотехнологий, биотехнологий, информационных, когнитивных и социальных технологий), серьезно оценить последствия развития новых технологий на современном этапе развития науки и спрогнозировать эти последствия хотя бы для обозримого будущего.

Таким образом, нейрокомпьютерная парадигма все больше становится основой для конструирования новой социальной реальности. Научно-технический прогресс в его технооптимистическом варианте все больше приближается к социобиологической сущности человека, предлагая ему не только перспективы научно-технического могущества, но и возможности исправления самой «человеческой природы». При этом возникает целый ряд принципиальных вопросов, требующих как теоретического осмысления, так и принятия практических решений.

Литература

1. Кузнецова А.В. Когнитивные способности Интернет-активных школьников 14-16 лет. Автореф. дис. на соиск. учен. степ. к. психолог.н.: Спец. 19.00.01. [Моск. пед. гос. ун-т]. - Москва: 2011. - 26 с.
2. Розин В.М. Концепция искусственного интеллекта и общество как эвристический источник идей для нейрокомпьютера нового поколения // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2011. №1. С. 4-10.
3. Ахременко А.С. Количественный анализ результатов выборов: современные методы и проблемы. М.: Изд-во МГУ, 2008.
4. Петрунин Ю., Зернова Ю.А. Использование нейронных сетей для прогнозирования президентских выборов во Франции (2007) // Нейрокомпьютерная парадигма и общество. – М.: Изд-во МГУ, 2012. С. 26-50.
5. Алексеев А.Ю. Трудности и проблемы проекта искусственной личности // Полигнозис. 2008. №1. С.20-44.
6. Алексеев А.Ю. Нейрокомпьютер и электронная культура // Нейрокомпьютерная парадигма и общество.– М.:Изд-во МГУ, 2012.-С. 105-131.
7. Дубровский Д. И. Сознание и мозг: информационный подход к проблеме // Знание. Понимание. Умение. 2013. № 4. С. 92–98.

Н.А. Ястреб

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ПОДХОД В СОВРЕМЕННОЙ ФИЛОСОФИИ¹

(Вологодский государственный университет)

Обращение философии к систематическому анализу вычислений, компьютерных наук и информационных технологий исторически началось с исследований в области искусственного интеллекта. Именно это направление стало од-

¹ Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации, проект № МК-1739.2014.6 "Человек в технической среде: конвергентные технологии, глобальные сети, Интернет вещей".



ним из первых технологических проектов, внутри которого возникла необходимость философского осмысления идей, методов и целей. Родоначальники искусственного интеллекта и компьютерных наук Д. Маккарти, А. Тьюринг, М. Минский показали, что развитие данной области необходимо приводит к переосмыслению фундаментальных философских понятий, таких как разум, сознание, человек, познание и др. Появление когнитивных наук и нового инструментария вдохновило многих прогрессивно настроенных философов, на глазах которых происходила информационная революция.

В основе информационной революции, определившей развитие методологии исследования, конвергентных технологий и информационного общества в целом, лежит парадигма понимания природных и интеллектуальных процессов как вычислений. Вычислительный подход в настоящее время представляет собой семейство философских, психологических, нейрофизиологических теорий и концепций, базирующихся на идее о том, что любой изучаемый объект подчиняется количественным закономерностям. То есть вычислительные теории и концепции рассматриваются, прежде всего, как исследовательские программы, существование которых основывается на успешности объяснения фактов и предсказания новых. При этом предположение о том, что могут существовать состояния, процессы или механизмы, не подчиняющиеся количественным закономерностям, не опровергает возможность вычислительного подхода, а задает границы его применимости и формирует зоны негативной эвристики.

Исторически сложилось так, что базовые понятия этой предметной области, такие как вычисление, алгоритм, вычислимость, доказуемость, вычислительная сложность и др., первоначально были жестко определены в рамках математики и информатики, а затем, когда стало понятно, что введенные конвенционально и зафиксированные формулировки не способны полностью отразить содержание понятий, вышедших за пределы математического дискурса, возникла потребность в философском обобщении данных терминов. Решение этого вопроса требует уточнения наиболее проблемного основания подхода, а именно, понятия вычисления, которое толкуется крайне широко.

Современное философское понимание вычислений и вычислительных машин основывается на концепции *mathesis universalis* Г. Лейбница, как универсальной науки, построенной и описывающей весь мир на основе формального исчисления. Лейбниц поставил задачу упорядочения всего знания путем разложения сложных понятий на простые, составляющие некий «алфавит человеческих мыслей», и получения на этой основе точных определений всех понятий. Каждой из этих элементарных единиц знания требуется поставить в соответствие символ, или «характер», который будет замещать термин естественного языка. Для оперирования символами необходимо «сформулировать организующие принципы этого всеобщего символизма — правила употребления и комбинаций символов» (1, с. 42). «Универсальная наука» Лейбница в дальнейшем стала основой вычислительного подхода как методологии научного и технического познания и оказала сильное влияние на формальную логику Г. Фреге, Б. Рассела, программу аксиоматизации и математическую теорию доказа-



тельств Д. Гильберта. Одним из основных результатов программы формализации стало признание того, что она может быть применена в областях математики, которые ранее базировались на интуитивных или самоочевидных идеях. Гильберт осуществляется такой проект в отношении геометрии, Уайтхед и Рассел применили такой подход к арифметике. За пределами математики проекты формализации также некоторое время активно разрабатывались, например, в рамках логического бихевиоризма в психологии. Однако появление теоремы Гёделя о неполноте формальных систем потребовало пересмотра таких подходов.

Современное понимание вычисления основывается на преобразовании одного состояния системы (данных, сигналов, структуры) в другое. Кибернетический подход позволяет определить вычисление как преобразование любых входных сигналов в выходные, вне зависимости от специфики самих преобразований. Информационный подход предполагает, что любое вычисление представляет собой преобразование данных, приводящее к возникновению новой информации. Концептуальная трудность здесь состоит в недостаточной определенности самого термина «информация», который толкуется различными способами. Информационный подход часто трактуется с использованием понятия алгоритма, как описания правил, или процедуры, по которым преобразуется информация. Наиболее известное, простое и изящное определение вычисления было дано А. Тьюрингом через введение понятия абстрактной вычислительной машины. При любом понимании вычислительный подход, как методологическая концепция, предполагает возможность непротиворечивого описания подобных преобразований на каком-либо специальном символическом языке.

Прояснение понятия вычисления поставило ряд вопросов о границах вычислительного подхода, а именно, о том, существуют ли невычислимы функции, т.е. те, которые описываются формально, но не могут быть вычислены, например, какой-либо машиной, и существуют ли объекты, процессы или явления, которые нельзя бы было представить в виде алгоритма или адекватно описать при помощи формального языка. Ответ на первый вопрос дал Тьюринг, показав, что формализуемость и вычислимость неразрывно связаны. Согласно тезису Чёрча-Тьюринга, алгоритм в его интуитивном понимании может быть выполнен машиной Тьюринга, следовательно, вопрос о вычислимости функций определяется возможностями ее алгоритмизации. Так, известен ряд задач, которые не могут быть решены компьютерными программами, поскольку являются алгоритмически неразрешимыми. К ним относятся проблема соответствий Э. Поста, распознавание выводимости А. Черча, установление тождества теории групп П.С. Новикова, распознавание эквивалентности слов в любом исчислении и др. Вместе с тем, подобные задачи могут быть решены через нахождение частных случаев, применение численных методов, т.е. не являются жестким аргументом против вычислимости.

Наиболее успешным вычислительный подход является в области приложений, поскольку здесь его возможности наглядно проявляются. Однако с момента своего возникновения данное направление напрямую было связано с



проблемой моделирования познавательной деятельности человека, от имитации осмысленных действий, до создания искусственного мозга. В XX в. возникает новое направление в понимании мышления, сознания, мозга, получившее название «вычислительной теории сознания» (The Computational Theory of Mind), основной идеей которого является признание наличия некоторой функциональной связи между объектом или явлением и их символическим описанием, между когнитивными процессами и их языковыми репрезентациями.

В философии сознания вычислительный подход наиболее тесно связан с функционализмом, поскольку непосредственно рассматривает ментальные состояния в терминах функциональных состояний, процессов и механизмов. Однако между этими двумя подходами нет жесткой взаимоопределяющей связи. Так, если функционализм верен, из этого не следует, что вычислительный подход верен. Для такого вывода было бы необходимым доказательство того, что функциональные процессы одновременно являются вычислительными, что является независимым предположением. Для того, чтобы утверждать истинность функционализма на основании корректности вычислительного подхода, необходимо доказать, что абсолютно природа всех психических процессов вычислительная, что так же не является очевидным. Данную точку зрения иногда называют «вычислительным функционализмом», однако она не согласуется с общей установкой подхода, согласно которой «даже если сознание включает в себя больше, чем вычисление, вычисление все равно может объяснить поведение (полностью или частично)» (2, р. 516). Такое позиционирование вычислительных теорий сознания часто вызывает их критику как эмпирических подходов, не являющихся в должной мере обоснованными и не претендующих на всеобщность, и, следовательно, на объяснение природы сознания.

Эффективность и прагматическая ценность вычислительного подхода не являются единственными основаниями для его дальнейшего развития. Фундаментальные философские проблемы, связанные с пониманием природы вычислений, качественных переходов от физических процессов и каузальных отношений к информационным, запаздывающей деятельностью сознания, свободой воли, не позволяют сводить данное направление исключительно к прикладным исследованиям в области вычислительных машин и требуют междисциплинарного подхода к его разработке и осмыслению.

Литература

1. Лейбниц Г.В. Сочинения в четырех томах: Т. 3 / Ред. и сост., авт. вступит, статей и примеч. Г. Г. Майоров и А. Л. Субботин; перевод Я. М. Боровского и др. — М.: Мысль, 1984. — 734 с.
2. Piccinini G. Computationalism in the Philosophy of Mind / G. Piccinini // *Philosophy Compass*. — 2009. — № 4. — P. 515 – 532.



СОДЕРЖАНИЕ

Информационные технологии высокопроизводительных вычислений и телекоммуникации

| | |
|--|----|
| Баландин А.В. Модель параллельных и асинхронных темпоральных вычислений с автовалидацией..... | 3 |
| Виноградов Н.И. Аппаратный комплекс GPS/GLONASS для измерения односторонней сетевой задержки пакетов..... | 7 |
| Гринь И.В. Ершов Р.А. Морозов О.А. Вычислительно эффективный алгоритм определения взаимной временной задержки сигналов при больших объемах выборок | 11 |
| Журавлев А.Д. Заикин О.С. Повышение эффективности проектов добровольных распределенных вычислений при помощи варьирования крайнего срока выполнения заданий..... | 15 |
| Ландовская И.Е. Фроловский В.Д. Алгоритмы параллельных вычислений для моделирования процесса сборки изделий из тканых материалов | 21 |
| Мезенцева М.С. Оптимальность распараллеливания вычислительных процессов на примере решения системы линейных уравнений методом Гаусса..... | 25 |
| Набиев И.И. Минегалиева М.М. Помехоустойчивость локальных вычислительных сетей при воздействии микросекундных электромагнитных помех..... | 27 |
| Привалов А.Ю. Царёв А.А. Шаблон передвижения узлов dtn сети на основе распределения левы | 30 |
| Савинкова Ю.В. Востокин С.В. Применение потокового пула для реализации параллельных алгоритмов с семантикой передачи сообщений на языке C++ | 35 |
| Трофимов Е.А. Разработка распределенной системы поиска изображений по содержанию..... | 37 |
| Филимонов Д.В. Реализация метода окрестностей на отладочном оборудовании Texas instruments cc2520 development kit..... | 41 |
| Цеханский В.Б. Ловцов К.Н. Сухов Н.С. Обнаружение эффекта гравитационного красного смещения в телекоммуникационной среде..... | 44 |

Информационные технологии на транспорте

| | |
|--|----|
| Волик В.Г. Гуменников В.Б. Шорохов Н.С. Измерение распределенных параметров рельсовой линии | 48 |
| Головнин О.К. Оценка влияния мультиколлинеарных атрибутов улично-дорожной сети на транспортный поток | 51 |
| Губайдуллина А.А. Идентификация вагонов подвижного состава железнодорожного транспорта..... | 55 |



| | |
|--|-----|
| Догадкин Н.В. Михеева Т.И. Головнин О.К. Геоинформационный модуль учета рекламных конструкций..... | 57 |
| Засов В.А. Никоноров Е.Н. Ромкин М.В. Возможности методов слепой обработки сигналов автоматической локомотивной сигнализации | 61 |
| Золотовицкий А.В. Михеева Т.И. Сидоров А.В. Методы работы с графовой моделью транспортной сети в геоинформационной системе ITSGIS | 66 |
| Игнатенков А.В. Ольшанский А.М. О жадной стратегии прокладки графика движения поездов | 70 |
| Игнатенков А.В. Ольшанский А.М. О построении квазигопфилдовской искусственной нейронной сети для решения задач упорядочения процессов | 73 |
| Имамутдинов А.Н. Ключников В.А. Веб-ориентированная геоинформационная система визуализации дислокации дорожных знаков и световых объектов на электронной карте города..... | 78 |
| Ключников В.А. Федосеев А.А. Михеев С.В. Система разработки проектов организации дорожного движения Waymark..... | 82 |
| Кривопапов В.Ю. Решение открытой транспортной задачи с промежуточными пунктами | 86 |
| Суан Ле Хонг Расчет расходов электроэнергии метрополитена с различными системами тягового электропривода с помощью программы «Mathcad» | 92 |
| Мацкович А.В. Богданова И.Г. Имамутдинов А.Н. Система размещения остановок и маршрутов общественного транспорта | 96 |
| Мусина Л.С. Подходы к преподаванию дисциплины «Информационные технологии на транспорте» | 99 |
| Осьмушин А.А. Головнин О.К. Михайлов Д.А. Модель хранения инцидентов в интеллектуальной транспортной системе | 101 |
| Сапрыкин О.Н. Сапрыкина О.В. Сидоров А.В. Применение подхода многовариантной персистентности при проектировании интеллектуальной транспортной системы | 104 |
| Сапрыкина О.В. Сапрыкин О.Н. Осьмушин А.А. Метод построения цепей корреспонденций для прогноза интенсивности транспортных потоков | 107 |
| Семенов М.М. Богданова И.Г. К вопросу об управлении в автоматизированной системе управления дорожным движением | 111 |
| Сидоров А.В. Федосеев А.А. Ключников В.А. Интеллектуальная поддержка принятия решений построения модели объектов транспортной инфраструктуры..... | 113 |
| Сидоров А.В. Хворов А.В. Соловьев А.В. Моделирование движения транспорта на нерегулируемом перекрестке..... | 117 |
| Сухинец Ж.А. Сапельников В.М. Гулин А.И. Многоточечный частотный способ измерения массы транспортных средств | 119 |



| | |
|--|-----|
| Федосеев А.А. Михеева Т.И. Михеев С.В. Построение модели транспортной инфраструктуры на основе разнородных пространственно-распределённых данных | 123 |
| Шорохов Н.С. Гуменников В.Б. Волик В.Г. Определение расстояния до отцепа на сортировочных станциях методом экспоненциального анализа | 126 |

Методика обучения и компьютерные обучающие программы

| | |
|--|-----|
| Александрова Е.В. Опыт реализации метода лейтнера в виде мобильного приложения для изучения иностранных слов | 130 |
| Василевская Е.А. Некоторые аспекты профессионального выгорания менеджеров | 133 |
| Гашигуллина С.Н. Использование информационных систем управления проектами как инструмент практического обучения студентов на примере тольяттинской академии управления | 135 |
| Григорьев А.О. Программные средства поддержки деятельности пользователей и администраторов дистанционной обучающей системы «3Ducation» | 138 |
| Дерябкин В.П. Пиявский С.А. Пузанков Н.М. Интеллектуальная информационная система тестирования знаний | 141 |
| Иванов В.С. Зеленко Л.С. Инструментальные средства поддержки процессов построения траектории обучения и учета достижений в дистанционной обучающей системе «3Ducation» | 145 |
| Качура Е.Д. Технология развития критического мышления будущих менеджеров в системе иноязычной подготовки | 148 |
| Конопелькин Д.А. Зеленко Л.С. Программные средства обеспечения сетевого взаимодействия для мобильного клиента дистанционной обучающей системы «3Ducation» на платформе Android | 151 |
| Макарова С.Ю. Методы формирования компетенций выпускника высшего профессионального образования в научно-исследовательской сфере деятельности | 153 |
| Новиков А.Р. Разработка интерактивной информационной системы создания и изучения курсов по теоретической подготовке для пилотов воздушных судов | 157 |
| Панков А.А. Пигусов А.С. Разработка механизмов интеграции единой системы дистанционного обучения в информационную среду университета | 161 |
| Пиявский С.А. Шаталов Р.Б. Методы вычисления обобщенных показателей эффективности работы университетов-асв | 167 |
| Поберезкин Е.Е. Разработка подсистемы 3D-заданий по информатике для дистанционной обучающей системы «3Ducation» | 171 |
| Савачаев М.А. Разработка мобильного клиента дистанционной обучающей системы «3Ducation» под операционную систему Windows Phone | 174 |
| Семущин И.В. Метод проектов – инструмент активного овладения сложными дисциплинами компьютерных информационных технологий | 176 |



| | |
|--|-----|
| Симонова Е.В. Скорюпина Е.Г. Автоматизированная система конструирования алгоритмов действий при ликвидации аварийных и нештатных ситуаций в системе «Адаптивный тренажер» | 180 |
| Студенок С.И. Система для проведения дистанционных лабораторных практикумов «Siams Labworks» | 183 |
| Тимошина В.М. Зеленко Л.С. Применение автоматизированной системы «Методы оптимизации» при выполнении учебного практикума | 186 |
| Угаров В.В. Методика оценки уровня освоения навыков программирования в учебной группе..... | 189 |
| Ушакова Л.В. Назарова Т.С. Система менеджмента качества как эффективный инструмент совершенствования организационной культуры в вузе | 192 |
| Фролова М.В. Корнякова В.А. Система внутренней коммуникации как инструмент удержания сотрудников в высокотехнологичных компаниях | 195 |
| Цыганова Ю.В. Прохорова Е.Ф. Разработка учебного toolbox'a на языке Matlab для методической поддержки курсов, связанных с изучением вычислительных и информационных технологий | 197 |
| Шабалин А.Р. Козлов В.В. Создание электронного журнала учета и оценки текущей успеваемости студентов..... | 201 |
| Шаяхметов И.М. Минегалиева М.М. Разработка обучающего тренажерного программного обеспечения по методам обработки поисковых деревьев | 204 |
| Шумская Е.А. Зеленко Л.С. Разработка программного обеспечения для работы с контентом в дистанционных обучающих системах | 207 |

Моделирование и анализ сложных технических систем

| | |
|---|-----|
| Антонов Ю.Н. Разработка концепции модели лазерной подгонки | 211 |
| Белоусов А.И. Интегрированная система управления и обеспечения безопасности жизнедеятельности территории (ИСУБЖ) города | 215 |
| Волоцуев В.В. Макарычев А.В. Метод нисходящего проектирования как инструмент при разработке конструктивно-компоновочного облика космического аппарата с применением концепции блочных конструкций | 223 |
| Денисов В.Ф. Архитектура и технологии распределенной (полицентрической) сети ситуационных центров | 226 |
| Дидрих И.В. О надежности информационной среды предприятия..... | 230 |
| Докучаев А.В. Введение фиктивных дуг в процессе построения сетевых моделей сложных технических систем | 234 |
| Ефимушкина Н.В. Панюшкин Д.А. Имитационные модели для исследования памяти вычислительных систем | 237 |
| Забелин С.Л. Жеголко К.В. Фроловский В.Д. Модели и алгоритмы оптимизации геометрического покрытия для решения задач анализа и проектирования агротехнических систем полива..... | 241 |
| Заболотнов Ю.М. Лобанков А.А. Оптимальное демпфирование колебаний твердого тела при его движении вокруг неподвижной точки | 245 |



| | |
|--|-----|
| Заико А.И. Кильметов Э.А. Применения анизотропных магниторезистивных датчиков для регистрации ГМВ | 249 |
| Зотеев В.Е. Свистунова А.А. Численный метод определения параметров напряженного состояния поверхностно упрочненного слоя цилиндрического изделия на основе экспериментальных данных | 251 |
| Иосифов В.П. Использование метода обработки откликов с некоррелированными данными для использования в интеллектуальных датчиках..... | 256 |
| Карнаухов Н.С. Капустин А.Г. Синтез и анализ оптимального закона динамической коррекции напряжения системы генерирования электроэнергии переменного тока | 258 |
| Кистанов А.М. Диадическая нумерация элементов структуры сложной системы | 262 |
| Козлов А.Ю. Стройков Р.А. Алгоритм решения задачи определения интервально-переходных вероятностей при функционировании элементов боевой системы..... | 266 |
| Козлов А.Ю. Стройков Р.А. Полумарковская модель функционирования элемента подсистемы обеспечения боевой системы..... | 269 |
| Котенко А.П. Бобков М.С. Ревина Ю.Д. Моделирование системы массового обслуживания конечным автоматом при неординарности потоков заявок | 274 |
| Котенко А.П. Шарапова Е.А. Бенгина П.М. Многокритериальная оптимизация с помощью систем линейных регрессионных уравнений | 276 |
| Куделькин В.А. Интеграционная платформа «Интегра-Планета-4D» | 278 |
| Кульга К.С. Зверев Г.Н. Виноградов П.В. Применение промышленных информационных технологий для проектирования и изготовления модельно-литейной оснастки крупных корпусных деталей станков с ЧПУ | 281 |
| Кульга К.С. Меньшиков П.В. Моделирование и оптимизация геометрического покрытия обечайки | 285 |
| Кульга К.С. Половинкин А.В. Моделирование процесса автоматизированного проектирования станочных приспособлений | 289 |
| Любимов В.В. Лашин В.С. Применение одношаговых методов Рунге-Кутты при моделировании управляемого вращательного движения микроспутника | 293 |
| Львов А.А. Светлов М.С. Ульянина Ю.А. Разработка алгоритмов оценки помехоустойчивости недвоичных псп-кодов | 297 |
| Макаров Р.Ю. Зотеев В.Е. Аппроксимация кривых ползучести на основе разностных уравнений | 302 |
| Маркин Д.О. Комашинский В.В. Модель определения местоположения пользователей мобильных устройств внутри помещений на основе сигналов беспроводной сети доступа | 305 |
| Пугачев А.И. Стратегия оптимального размещения сырья в системе хранения предприятия | 309 |
| Ревунов Д.С. Семенов А.Д. Система управления горением топлива в котельной установке | 313 |



| | |
|---|-----|
| Симонова Е.В. Мирошников Д.Ю. Организация сетевого взаимодействия устройств на основе принципов mesh-сети | 317 |
| Симонова Е.В. Осипов И.В. Автоматизированная система мониторинга целевого применения группировки космических аппаратов | 321 |
| Степанов А.А. Хаймович А.И. Оценка параметров напряжённо-деформированного состояния инструмента и детали при механической обработке | 325 |
| Тюмиков Д.К. Титов С.Ю. Обнаружение неоднозначных зависимостей релейного типа по эмпирическим данным. | 327 |
| Шабека А.С. Куприянов А.В. Моделирование электронных изображений кристаллических решеток методом многих слоёв | 330 |
| Широканев А.С. Куприянов А.В. Разработка алгоритмов трёхмерной реконструкции кристаллической решетки по изображениям проекций | 334 |
| Юдинцев А.Г. Математическое моделирование трехфазного инвертора с векторной ШИМ | 337 |
| Яблоков Д.Е. Использование обобщенных концепций в объектно-ориентированных языках программирования | 341 |
| Егоров А.М. Перспективная отказоустойчивая бортовая система управления типовым наноспутником | 345 |

Философия искусственного интеллекта и трансгуманизм

| | |
|--|-----|
| Арзаматов А.Г. Точка бифуркации или цугцванг современной России | 348 |
| Банникова Н.Ф. Несколько слов о значимости историко-философского познания в инженерном образовании | 351 |
| Богатырева Е.Д. Искусство в границах теории | 353 |
| Дёмин И.В. Религиозные истоки идеи прогресса | 357 |
| Злобин А.С. Проблема выбора учитываемых условий при разработке теоретических моделей | 361 |
| Кривопалова Н.Ю. Применение общей теории систем в историко-научном познании | 364 |
| Лихачева С.И. Художник и инженер – параллельные вселенные? | 366 |
| Нестеров А.Ю. проектирование будущего в свете проблемы референции | 370 |
| Никифоров О.Ю. Подход к автоматизации научных исследований в области философии | 373 |
| Трафимова Г.А. Нейрокомпьютерная парадигма в социальных и гуманитарных науках | 375 |
| Ястреб Н.А. Вычислительный подход в современной философии | 378 |



Перспективные информационные технологии (ПИТ 2015), Том 2:
труды Международной научно-технической конференции

Advanced Information Technologies and Scientific Computing
(PIT 2015), Volume 2: Proceedings of the International Scientific Conference

Редакционная коллегия

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

Подписано в печать 07.04.2015
Формат 60x84 1/8 Бумага офсетная. Печать офсетная.
Гарнитура Times New Roman. Усл. печ. л. 24,25
Тираж 500 экз.
Отпечатано в типографии Инсома-пресс
Самара, ул. Санфириковой, 110а
Заказ 56