



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.

М.Г. Лысиков, А.М. Ольшанский

СИСТЕМА ПЛАНИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СОРТИРОВОЧНОЙ СТАНЦИИ

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

В статье предлагается подход к построению систем планирования показателей работы железнодорожных станций, основанный на применении нейронных сетей при прогнозировании входной информации о поездопотоке. В составе системы модули, отвечающие за моделирование работы станции, локомотивного парка, диспетчерское управление. Комплекс может быть использован как в виде локальной версии для выбранной сортировочной станции, так и в масштабах территории железной дороги.

Железнодорожные сортировочные станции – важнейшие звенья транспортного конвейера, которые непосредственно отвечают за формирование и точность отправления грузовых поездов сетевого значения. От того, насколько правильно и в соответствии с технологией работает сортировочная станция, зависит и режим пропуска поездов на значительных полигонах, и равномерность использования инфраструктурных и перевозочных ресурсов (локомотивов, бригад, ниток графика движения и др.).

Управление работой сортировочных станций – важная практическая задача, обладающая определенным уровнем сложности, так как сортировочная станция объединяет в себе комплекс человеко-машинных систем, имеющих случайную и псевдослучайную природу функционирования. Традиционные для железных дорог подходы в основном ориентированы на использование стандартной и мало меняющейся технологии работы станции. Это оправдано при малом разбросе величин всех времен, характеризующих элементы станции (времена на обработку в парках станции), а также при стационарном характере входящего поездопотока. Между тем, в условиях рынка последнее допущение не выполняется. Результат такой работы - увеличение в 1,5-2 раза времен обработки поездов на станциях по сравнению с нормативным. В целом это негативно (в сторону увеличения) влияет на количество необходимых перевозочных мощностей и увеличивает затраты любого владельца железнодорожной инфраструктуры.



Авторами в настоящее время разработаны основные принципы и положения конструирования новой системы прогнозирования исходных данных для работы сортировочной станции, которая позволила сделать работу станций более адаптивной и гибкой по отношению к существующим условиям.

Такая система для прогнозирования работы станции включает два блока, отвечающие за предсказание плана подхода поездов: это блок дальнего прибытия поездов и «случайного местного фона». Под дальним прибытием здесь понимается информация о поездах, сформированных назначением на данную станцию со станций, находящихся во временном интервале 1-2 суток до момента прибытия на изучаемую станцию. Под случайным местным фоном подразумевается поток поездов со станций, находящихся в интервале 3-5 часов от изучаемой станции.

Эти блоки могут быть реализованы в виде нейронных сетей – многослойных персептронов с обратным распространением ошибки [1].

Результат функционирования системы подается на вход нейронной сети, которая с учетом положения поездов на последнем перегоне и реакции работников центра управления перевозками (действия их при определенном сочетании эксплуатационных факторов по выбору режимов пропуска потока, в т.ч. и ошибки, недочеты, «худший опыт») формирует скорректированный прогноз прибытия поездов на станцию.

Моменты, связанные с функционированием деповского комплекса и выдачей исправных локомотивов под поезда, учитываются в блоке «система прогноза ТПС (тягового подвижного состава) для станции».

Данный блок имеет вероятностный характер, выдавая среднее число локомотивов и плановое время их появления на выход в выбранный период с учетом закона распределения отказов в подлежащих выдаче локомотивах. На втором этапе авторами планируется получать результат разработки планов по выдаче локомотивов на основе уже выданного системой плана подхода поездов.

С учетом влияния фактора ТПС будет формироваться прогноз времен прибытия-убытия поездов с выбранной станции вне зависимости от того, будут ли использоваться нейронные сети или их сочетание с иным средством моделирования обстановки (имитационной моделью станции).

Далее производится считывание (из систем ИТАУР, АСУ СТ или др.) или расчет (например, с помощью модели[3]) текущего положения на станции (число поездов, занятость путей, времена простоя, отклонения от точек отправления поездов), в результате разница между фактическим и прогнозным положением поступает в систему адаптации вычислений прогноза.

До тех пор, пока точность прогноза не войдет в заданную пользователем зону, будет производиться корректировка прогноза. Удовлетворяющий по точности прогноз при этом принимается в качестве планового на следующий временной период (час, день, декада).

Схема системы представлена на рис.1.

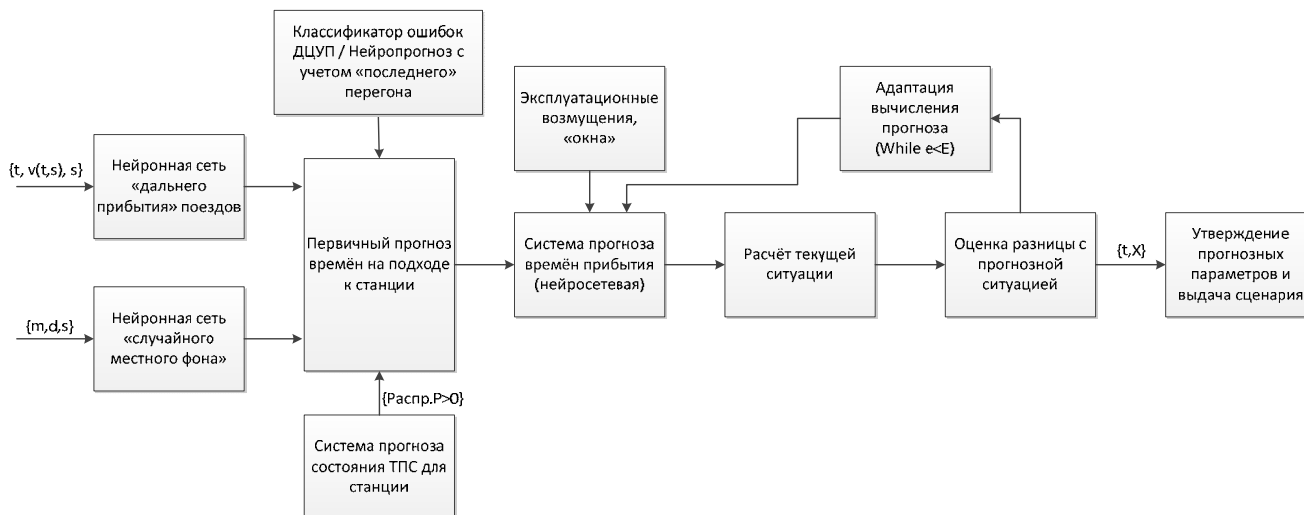


Рис.1. Система адаптивного прогноза работы станций

На первом этапе выполнены разработка и обучение нейронных сетей, прогнозирующих времена прибытия дальних и ближних поездов на станцию Ярославль – Главный.

На втором этапе будут классифицированы и оценены по степени влияния ошибки работников диспетчерского аппарата и влияние эксплуатационных возмущений.

Третий этап – учет работы станции по заданной технологии с использованием прогнозных данных и переход к прогнозированию моментов отправления поездов из различных парков станции с учетом вероятностных эксплуатационных и работы депо (невыдача локомотивов и/или бригад, внеплановый ремонт локомотивов и пр.).

Четвертый этап – это разработка математического аппарата и создание системы адаптивного прогноза на суточный и более короткий период на основе предыдущих трех этапов.

Для создания нейросетевых моделей прибытия поездов необходимо получить данные о нумерации, типе грузовых поездов, их индексах, времени прохождения контрольных точек маршрута (сортировочные и участковые станции по маршруту следования поездов), особенно подробно – в пределах последнего прилегающего к ст. Ярославль–Главный поездного участка, на котором оценивать и скорость продвижения каждого поезда.

Для корректного учета различных режимов эксплуатационной работы в течение года в обучающую и тестовую выборки для нейронных сетей следует получить посуточную информацию за октябрь (месяц максимальных перевозок), декабрь, май (зимний и летний месяцы со значительным «пассажирским шумом»), август (месяц с высокими объемами перевозок и активными летними путевыми работами).

Подробный перечень необходимых для моделирования данных представлен в таблице 1.



Таблица 1 – Общий набор необходимых данных

**Часть I - для модели прибытия по-
ездов**

№	Наименование показателя	Источник факти- ческих данных	Информационная система
1	Перечень прибывших на станцию поездов		
2	с указанием индекса поезда	ДУ-3 "графа 3" ст.Ярославль-главный	ГИД-УРАЛ ВНИИЖТ
3	станции отправления	на основе ДУ-3 "графа 3" ст.Ярославль-главный	ГИД-УРАЛ ВНИИЖТ
3	условная длина поезда в ваго- нах (прибытие)	ДУ-3 "графа 10" ст.Ярославль-главный	ГИД-УРАЛ ВНИИЖТ
4	перечень станций в пути сле- дования с указанием	ДУ-2, ДУ-3 наименование (+ индекс станции)	ГИД-УРАЛ ВНИИЖТ
5	время отправления с соседней станции (фактическое)	ДУ-2 "графа 2", ДУ-3 "графа 5" всех станций, где указан индекс поезда из стр.2	ГИД-УРАЛ ВНИИЖТ
6	время прибытия на станцию (фактическое)	ДУ-2 "графа 3", ДУ-3 "графа 6" всех станций, где указан индекс поезда из стр.2	ГИД-УРАЛ ВНИИЖТ
7	время отправления со станции (фактическое)	ДУ-2 "графа 5", ДУ-3 "графа 19" всех станций, где указан индекс поезда из стр.2	ГИД-УРАЛ ВНИИЖТ
8	условная длина поезда в ваго- нах (прибытие)	ДУ-2 "графа 7", ДУ-3 "графа 10" всех станций, где указан индекс поезда из стр.2	ГИД-УРАЛ ВНИИЖТ
9	условная длина поезда в ваго- нах (отправление)	ДУ-2 "графа 7", ДУ-3 "графа 24" всех станций, где указан индекс поезда из стр.2	ГИД-УРАЛ ВНИИЖТ
10	время прибытия на станцию (по графику)	ДУ-26 ВЦ "графы 20 и 21"	ГИД-УРАЛ ВНИИЖТ
11	время отправления со станции (по графику)	ДУ-26 ВЦ "графы 13 и 14"	ГИД-УРАЛ ВНИИЖТ
12	участковая скорость на пре- дыдущем участке	эквивалент ДО-10ВЦ, фор- мируемой на уровне диспет- черского участка	АСОУП-2

**Часть II - по выполнению операций
на станции**

№	Наименование показателя	Источник факти- ческих данных	Информационная система
---	-------------------------	----------------------------------	---------------------------



	Общие показатели		
1	Средний простой транзитного вагона с переработкой	ДО-24ВЦ Раздел 1 графа "Простой транзитного вагона с переработкой (Всего)"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
3	Средний простой транзитного вагона без переработки	ДО-24ВЦ Раздел 1 графа "Простой транзитного вагона без переработки (Всего)"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
3.1	ожидание обработки	графа "Ожидание обработки"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
3.2	обработка	графа "Обработка"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
3.3	ожидание локомотива	графа "Ожидание локомотива"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
3.4	ожидание отправления	графа "Ожидание отправления"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
4	Остатки вагонов от предыдущих суток	ДУ-9 "графа 4" строка "Остаток от предыдущих суток"	АСОУП-2
4.1	местных	ДУ-9 "графа 9" строка "Остаток от предыдущих суток"	АСОУП-2
4.2	транзитных с переработкой	ДУ-9 "графа 14" строка "Остаток от предыдущих суток"	АСОУП-2
4.3	транзитных без переработки	ДУ-9 "графа 19" строка "Остаток от предыдущих суток"	АСОУП-2
4.4	нерабочего парка	ДУ-9 "графа 24" строка "Остаток от предыдущих суток"	АСОУП-2
5	Прибыло вагонов	ДУ-9 "графа 2" строка "Итого"	АСОУП-2
5.1	местных	ДУ-9 "графа 5+6" строка "Итого"	АСОУП-2
5.2	транзитных с переработкой	ДУ-9 "графа 10+11" строка "Итого"	АСОУП-2
5.3	транзитных без переработки	ДУ-9 "графа 15+16" строка "Итого"	АСОУП-2
5.4	нерабочего парка	ДУ-9 "графа 20+21" строка "Итого"	АСОУП-2
6	Убыло вагонов	ДУ-9 "графа 3" строка "Итого"	АСОУП-2
6.1	местных	ДУ-9 "графа 7+8" строка "Итого"	АСОУП-2
6.2	транзитных с переработкой	ДУ-9 "графа 12+13" строка "Итого"	АСОУП-2
6.3	транзитных без переработки	ДУ-9 "графа 17+18" строка "Итого"	АСОУП-2



		"Итого"	
6.4	нерабочего парка	ДУ-9 "графа 22+23" строка "Итого"	АСОУП-2
7	Остатки вагонов к концу отчётных суток	ДУ-9 "графа 4" строка "Итого"	АСОУП-2
7.1	местных	ДУ-9 "графа 9" строка "Итого"	АСОУП-2
7.2	транзитных с переработкой	ДУ-9 "графа 14" строка "Итого"	АСОУП-2
7.3	транзитных без переработки	ДУ-9 "графа 19" строка "Итого"	АСОУП-2
7.4	нерабочего парка	ДУ-9 "графа 24" строка "Итого"	АСОУП-2
	Парк прибытия		
8	Число прибывших составов для расформирования	нет указания расчет на основе части 1	ГИД-УРАЛ ВНИИЖТ
9	Средний простой вагона под обработкой в парке прибытия	ДО-24ВЦ Раздел 1 графа "Простой транзитного вагона с переработкой (От начала прибытия до начала расформирования состава)"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
9.1	Ожидание обработки	графа "Ожидание обработки"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
9.2	Обработка	графа "Обработка"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
9.3	Ожидание расформирования	графа "Ожидание расформирования"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
10	Число вагонов, отцепленных в текущий и ремонт	ДО-24ВЦ Раздел 1 графа "Количество отцепленных вагонов от готовых поездов своего формирования и транзитных"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
10.1	по коммерческим неисправностям	графа "по коммерческим неисправностям"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
10.1.1	вагонов с переработкой	нет указания	АСОУП-2
10.1.2	вагонов без переработки	нет указания	АСОУП-2
10.2	по техническим неисправностям	графа "по техническим неисправностям"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
10.2.1	вагонов с переработкой	нет указания	АСОУП-2
10.2.2	вагонов без переработки	нет указания	АСОУП-2
	Сортировочный парк		
11	Число переработанных вагонов	ДО-24ВЦ Раздел 1 графа "Переработка вагонов на горке (Нечетная система)" + графа "Переработка вагонов на горке (Четная система)"	СИС «Эффект» + АСОУП-2



12	Средний простой вагона в сортировочном парке	ДО-24ВЦ Раздел 1 графа "Расформирование" + графа "Простой в сортировочном парке"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
12.1	Расформирование	графа "Расформирование"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
12.2	Накопление	графа "Накопление"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
12.3	Формирование	графа "Формирование"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
12.4	Перестановка в парк отправления (включая ожидание перестановки)	графа "Перестановка в парк отправления"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
Парк отправления			
13	Число отправленных составов	ДО-24ВЦ Раздел 1 графа "Отправлено поездов (В т.ч. своего формирования)"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
14	Число отправленных транзитных вагонов с переработкой	ДО-24ВЦ Раздел 1 графа "Количество транзитных вагонов (С переработкой)"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
15	Средний простой вагона в парке отправления	ДО-24ВЦ Раздел 1 графа "Простой от окончания формирования или перестановки его в парк отправления до отправления"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
15.1	Ожидание обработки	графа "Ожидание обработки"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
15.2	Обработка	графа "Обработка"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
15.3	Ожидание локомотива	графа "Ожидание локомотива"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
15.4	Ожидание отправления	графа "Ожидание отправления"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
Транзитный (Приемоотправочный) парк			
16	Остатки вагонов к началу суток на путях транзитного парка	ДУ-9 "графа 19" строка "Остаток от предыдущих суток"	АСОУП-2
17	Число прибывших составов с транзитными вагонами без переработки	нет указания расчет на основе части 1	ГИД-УРАЛ ВНИИЖТ
18	Число прибывших транзитных вагонов без переработки	ДУ-9 "графы 15+16" строка "Итого"	АСОУП-2
19	Число отправленных транзитных составов	ДО-24ВЦ Раздел 1 графа "Отправлено поездов (Всего)" - графа "Отправлено поездов (в т.ч. своего форми-	СИС «Эффект» + АСОУП-2



		рования)"	
20	Число отправленных транзитных вагонов без переработки	ДО-24ВЦ Раздел 1 графа "Количество транзитных вагонов (Без переработки)"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
		ДУ-9 "графы 17+18" строка "Итого"	АСОУП-2

При учете отказов целесообразно отсортировать их по времени, на которое данный отказ задержал момент поступления/отправления поезда, а также возможно с разделением отказов по группам.

Предложенная система, таким образом, в отличие от ее предшественников, позволит строить планы работы сортировочных станций в режиме отслеживания и постоянной корректировки планов работы при изменении эксплуатационных режимов на ближнем или дальнем временном горизонте. Она может стать базовой платформой для конструирования системы прогнозирования работы не одной, а серии связанных между собой сортировочных станций, при этом полученные результаты будут являться прогнозом работы железной дороги в целом.

Литература

1. Круглов, В.В. Нечёткая логика и искусственные нейронные сети [Текст]/ В.В. Круглов, М.И. Дли, В.В. Голунов. – М., Физматлит, 2001, 224 с. – ISBN 5-94052-027-8.
2. Назаров, А.В. Нейросетевые алгоритмы прогнозирования и оптимизации систем [Текст]/ А.В. Назаров, А.И. Лоскутов// Под ред.М.В.Финкова. – СПб., Наука и техника, 2003. – 384 с. – ISBN 5-94387-076-8.
3. Лысиков, М.Г. Автоматизированная система расчета параметров работы станций графоаналитическим методом PlanGraph 2007 [Текст]/ М.Г.Лысиков, А.В.Степанов// Уч. пос.-М.:МИИТ, 2010. – 90 с.

А.А. Осьмушин, О.В. Сапрыкина, А.А. Федосеев

СИНТЕЗ АДАПТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ АНАЛИЗА ИНЦИДЕНТОВ

(Самарский государственный аэрокосмический университет)

Выявление инцидентов на транспортной сети и адекватное реагирование на возникшие ситуации способствует сохранению связности отдельных участков сети и уменьшению транспортных задержек. Важность исследования инцидентов на улично-дорожной сети (УДС) населённых пунктов объясняется по-