

УДК 656.073

Автоматизация приема вагонов к перевозке: система управления и нейросетевая модель

Ф. А. Смирнов, А. В. Новичихин

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Россия, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

Для цитирования: Смирнов Ф. А., Новичихин А. В. Автоматизация приема вагонов к перевозке: система управления и нейросетевая модель // Известия Петербургского университета путей сообщения. СПб.: ПГУПС. 2024. Т. 21, вып. 3. С. 670–685. DOI: 10.20295/1815-588X-2024-03-670-685

Аннотация

Цель: разработать решение проблемы трудоемкости информационного сопровождения грузовой перевозки с помощью интеллектуальной информационной технологии (далее — ИИТ) на основе изучения проблемных мест взаимодействия перевозчика и грузовладельца, а также существующих методов его улучшения. В статье определена структура ИИТ, усовершенствована система управления процессом приема вагона к перевозке, разработана система поддержки принятия решений в области грузовых железнодорожных перевозок. Схема жизненного цикла перевозочного процесса, построенная с помощью методологии функционального моделирования IDEF0, отражает влияние интеллектуальной информационной технологии на все составляющие при ее внедрении. Практический аспект реализации представлен программным продуктом на базе нейросетевого модельного комплекса. Приведены результаты модельных экспериментов в лабораторных условиях и испытаний в реальных условиях на полигоне Октябрьской железной дороги, которые показали существенное снижение затрат времени на прием вагона к перевозке и влияния человеческого фактора, что в перспективе снижает себестоимость грузовых перевозок. **Методы:** в исследовании применяются методы системного анализа, теории управления перевозками, нейросетевого моделирования и синтеза существующих моделей. **Результаты:** предложена технология и разработаны конкретные инструменты повышения качества информационного сопровождения железнодорожных грузовых перевозок. **Практическая значимость:** внедрение разработанных решений позволит автоматизировать информационное сопровождение железнодорожных грузовых перевозок и обмен данными между перевозчиком и грузоотправителем.

Ключевые слова: интеллектуальная информационная технология, система управления, система поддержки принятия решений, нейросетевая модель, коммерческий осмотр, автоматизация

Введение

Компания ОАО «Российские железные дороги» разрабатывает Интеллектуальную систему управления железнодорожным транспортом (далее — ИСУЖТ) [1, 2] на протяжении последних 10 лет. Элементы ИСУЖТ позволяют автоматизировать процедуру перевозочного процесса на железнодорожном транспорте. Настоящее исследование направлено на разработку

эффективных решений в области грузовой и коммерческой работы. Задачи, поставленные руководством компании ОАО «РЖД» в проекте «Цифровая железная дорога» [3], и специфика транспортных систем [4] создали предпосылки для разработки интеллектуальной информационной технологии (далее — ИИТ) в области грузовой и коммерческой работы. Внедрение ИИТ позволит расширить

«узкие» места, имеющиеся в хозяйстве грузовых перевозок на железнодорожном транспорте:

- трудоемкость процесса приема/сдачи вагона между перевозчиком и грузо-владельцем;
- недостаточная укомплектованность станций приемосдатчиками груза и багажа на малодеятельных линиях;
- необходимость совершенствования информационного сопровождения перевозочного процесса.

На железнодорожном транспорте в настоящее время основным аппаратным средством автоматизации грузовой работы является Автоматизированная система коммерческого осмотра поездов и вагонов (далее — АСКО ПВ) [5]. Основные программные решения представлены Единой автоматизированной системой актово-претензионной работы, Автоматизированной системой оперативного управления перевозками (далее — АСОУП) и автоматизированной системой «Этран» (далее — АС «Этран»).

Несмотря на достаточное количество автоматизированных решений, процесс информационного сопровождения железнодорожной перевозки остается трудоемким, потому что обработка входящего информационного потока и синхронизация данных в различных системах выполняется человеком. При прохождении вагона через АСКО ПВ, оператор при помощи установленных камер и монитора осматривает вагоны на наличие неисправностей и в случае их выявления вручную оформляет необходимые акты и меняет статус перевозочных документов.

В работе [6] предложена блок-схема усовершенствованной системы интеллектуального управления технологическими процессами на железнодорожном транспорте.

Внедрение ИИТ в жизненный цикл железнодорожной грузовой перевозки

В настоящей статье предлагается рассмотреть возможность автоматизации приема вагона к перевозке с помощью внедрения интеллектуальной информационной технологии в процесс коммерческого осмотра с точки зрения технологических изменений при организации перевозки. Место проведения приемосдаточных операций ИИТ состоит из следующих основных элементов:

- система управления процессом приема вагона к перевозке;
- система поддержки принятия решений в области грузовых железнодорожных перевозок;
- модель нейронной сети как прикладной инструмент ИИТ.

Комплексное описание и схему существующей информационной технологии сопровождения грузовой и коммерческой работы на железнодорожном транспорте в процессе исследования найти не удалось. В настоящее время правила формирования и передачи информационных сообщений между автоматизированными системами, сопровождающие перевозочный процесс, регламентируются отдельными внутренними нормативными актами компании ОАО «РЖД». Отметим, что формирование информационных сообщений в компании частично автоматизировано, но решение об их передаче принимается и осуществляется уполномоченным сотрудником.

Решить проблему высокой трудоемкости процесса может разработка сквозной интеллектуальной информационной технологии коммерческого осмотра, основанной на концепции совершенствования технологии приема вагонов к перевозке [7]. Технология предполагает применение нейронной сети

для обработки входящей информации и интеграцию автоматизированных систем, что позволит осуществить автоматический обмен информацией между ними.

Структура интеллектуальной информационной технологии состоит из следующих уровней:

1. На концептуальном уровне авторами предлагается исключение человека из процесса информационного сопровождения железнодорожной перевозки.

2. На стратегическом уровне разработана интеллектуальная информационная технология организации коммерческого осмотра.

3. На тактическом уровне для реализации информационной технологии усовершенствована система управления процессом приема вагонов к перевозке.

4. На логическом уровне разработана система поддержки принятия решений в области грузовой и коммерческой работы на железнодорожном транспорте.

5. На физическом уровне одним из способов практической реализации является мобильное приложение на основе нейронной сети для приема вагонов к перевозке.

На рис. 1 описан бизнес-процесс грузовой железнодорожной перевозки. Используемая методология IDEF0¹ позволяет представить систему в виде взаимосвязанных функций, влияющих на процесс грузовой перевозки.

Бизнес-процесс детализирован с помощью методологии IDEF0 в виде жизненного цикла грузовой перевозки на линейном уровне, в котором показаны все механизмы управления и место разработанной интеллектуальной информационной технологии (рис. 2).

Функционирование перевозочного процесса $\sum F_i(t)$ можно описать соотношением:

$$\sum F_i(t) \equiv M(t), P(t), R(t),$$

где $M(t)$ — технические показатели;

$P(t)$ — технологические показатели;

$R(t)$ — экономические показатели.



Рис. 1. Функционирование перевозочного процесса с использованием методологии функционального моделирования IDEF0

¹ IDEF0 — методология функционального моделирования и графическая нотация, предназначенная для формализации и описания бизнес-процессов.

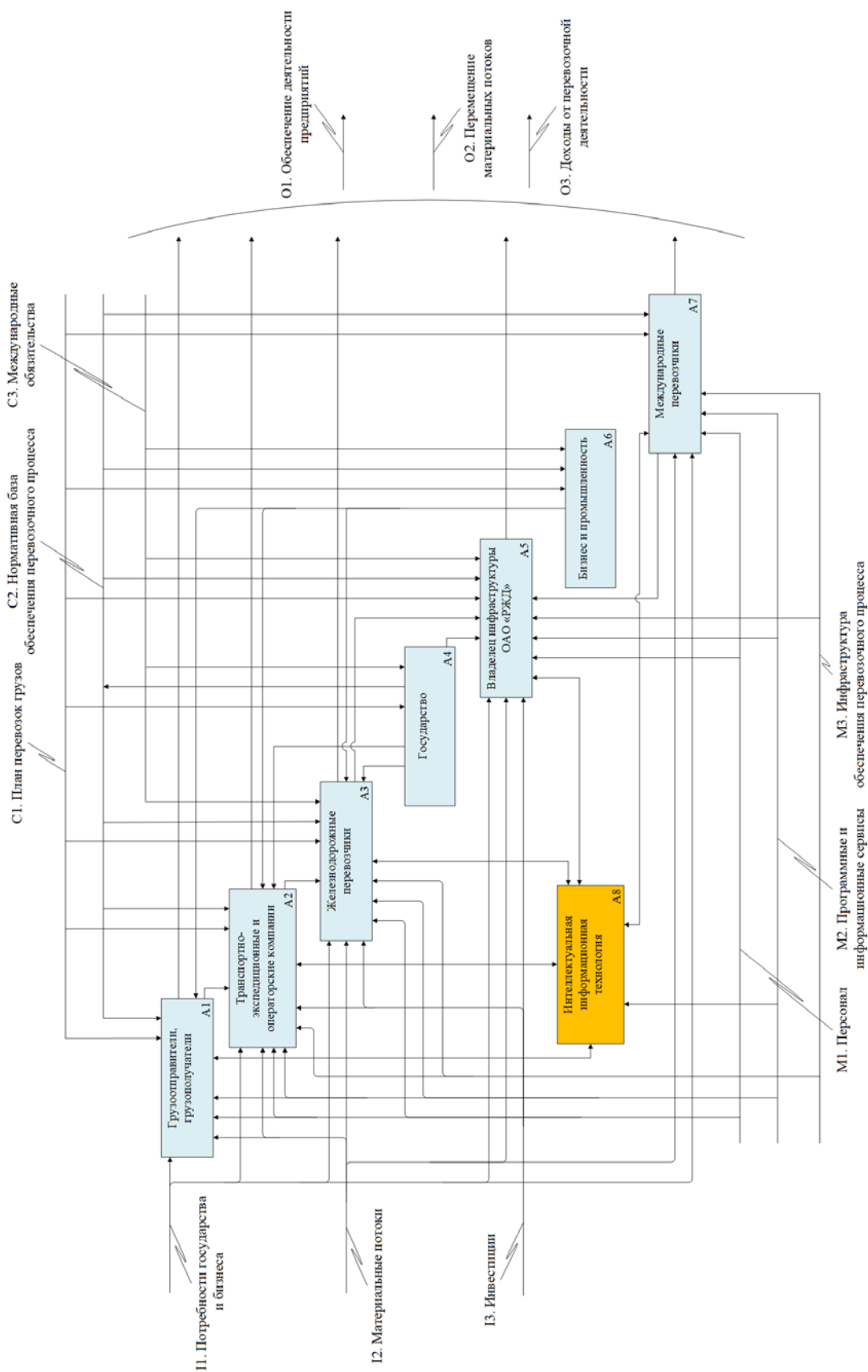


Рис. 2. Жизненный цикл перевозочного процесса в соответствии с методологией функционального моделирования IDEFO

Совершенствование системы управления процессом приема вагонов к перевозке

Разработка новой информационной технологии коммерческого осмотра потребовала усовершенствования существующей системы управления при выполнении коммерческих операций. Авторами была разработана новая система управления процессом приема вагонов к перевозке, базирующаяся на принципах концепции совершенствования грузовой и коммерческой работы [7]. Система предполагает введение в процесс нового понятия «интеллектуальная среда» — это совокупность автоматизированных систем и интеллектуальных продуктов, которая выполняет комплекс процедур, связанных с приемом груза к перевозке, без участия человека. Центральным звеном комплекса является управляющая система в лице структурных подразделений, в которую интегрирована интеллектуальная среда, управляемая вектором $\omega(t)$. Действия этих процедур определяются содержимым девяти баз знаний. Интеллектуальная среда формируется за счет интеграции внешнего прикладного инструмента в виде мобильного приложения для приема вагонов к перевозке с существующими автоматизированными системами, в частности, с АС «Этран» и АСОУП.

Управляющее воздействие $\varphi(t)$ на объект вырабатывается в интеллектуальной среде. Таким образом, свойства входящего вагонного потока $y(t)$ изменяются, и исходящий поток будет иметь конфигурацию $y'(t)$. Функцию обратной связи реализует $\varphi'(t)$, информация поступает в управляющую и экспертную системы. В экспертной системе обрабатываются результаты принятых решений в интеллектуальной среде, оцениваются и передаются в управляющую систему $\varphi''(t)$. На основе проведенной экспертизы выполняются кор-

ректировки алгоритмов, обеспечивающих работу интеллектуальной среды и баз знаний. Исходящий вагонный поток после всех преобразований обладает свойствами $S(t)$ (рис. 3).

Схема системы управления опирается на структуру, разработанную в [8], и содержит основные компоненты типовой структуры интегрированной интеллектуальной системы управления [9]. Приведенные модели не являются новыми, но предлагаемая компоновка в разработанных комплексах позволяет принципиально перестроить систему управления коммерческим осмотром.

В ходе исследования авторами разрабатываются нейросетевые модели, цифровые сервисы и формируется база данных обучающих моделей.

Система поддержки принятия решений

Для реализации функций системы управления была разработана система поддержки принятия решений для грузовых железнодорожных перевозок (далее — СППР). СППР состоит из четырех блоков (рис. 4):

- блок доступа к базам данных;
- аналитический блок;
- блок принятия решений;
- экспертный блок.

Блок доступа к базам данным открывает системе обучающие модели, нормативную документацию и отчеты о предыдущих событиях. Аналитический блок состоит из цифровых моделей объектов, динамической модели процесса управления, нейросетевых моделей и обращается к базам данных для анализа поступающей информации. Блок принятия решений на основании предварительной обработки аналитическим блоком принимает решение и оказывает управляющее воздействие на внешние автоматизированные системы. Связь с пользователем обеспечивается через интерфейс.

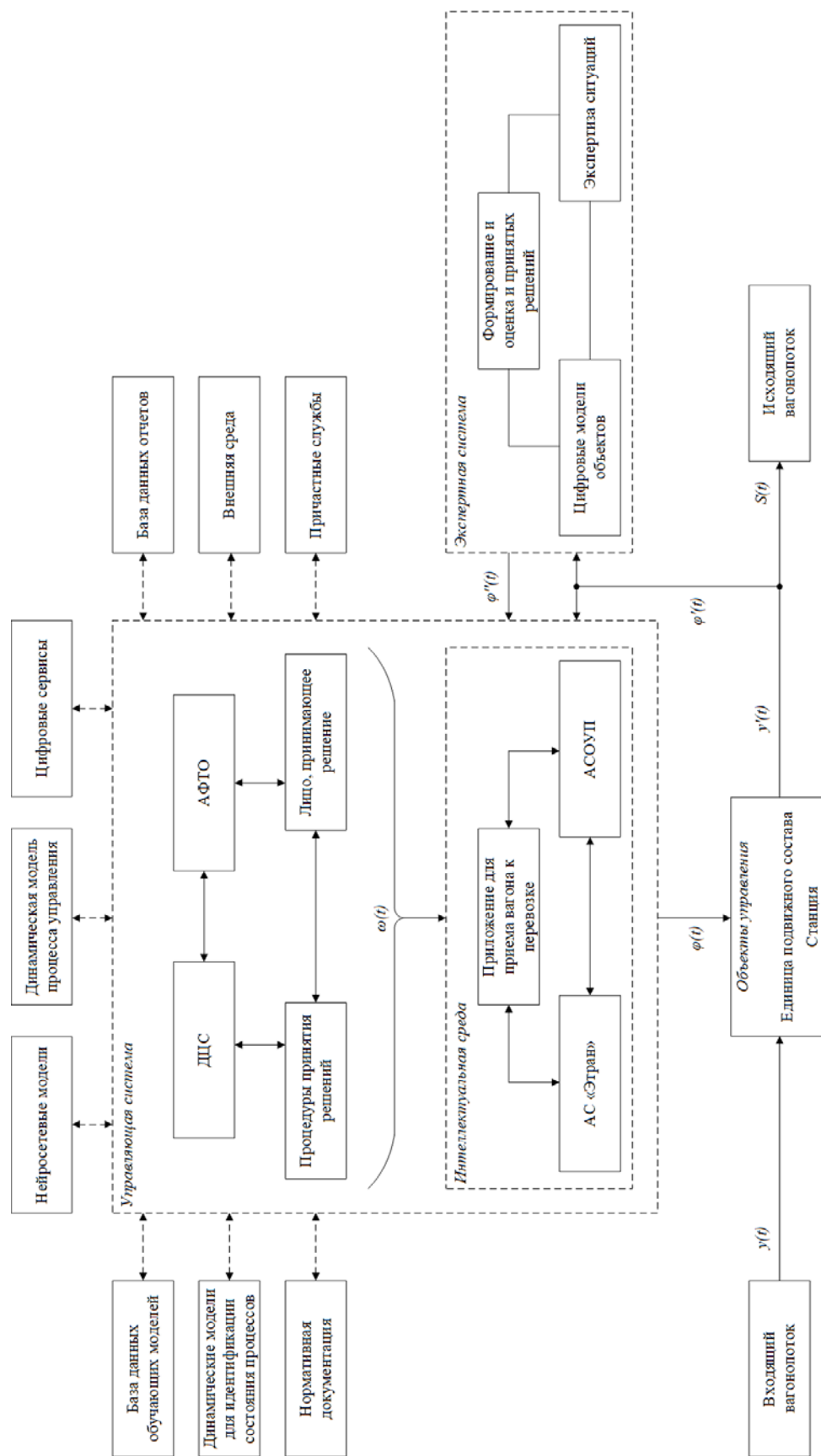


Рис. 3. Система управления процессом приема вагона к перевозке

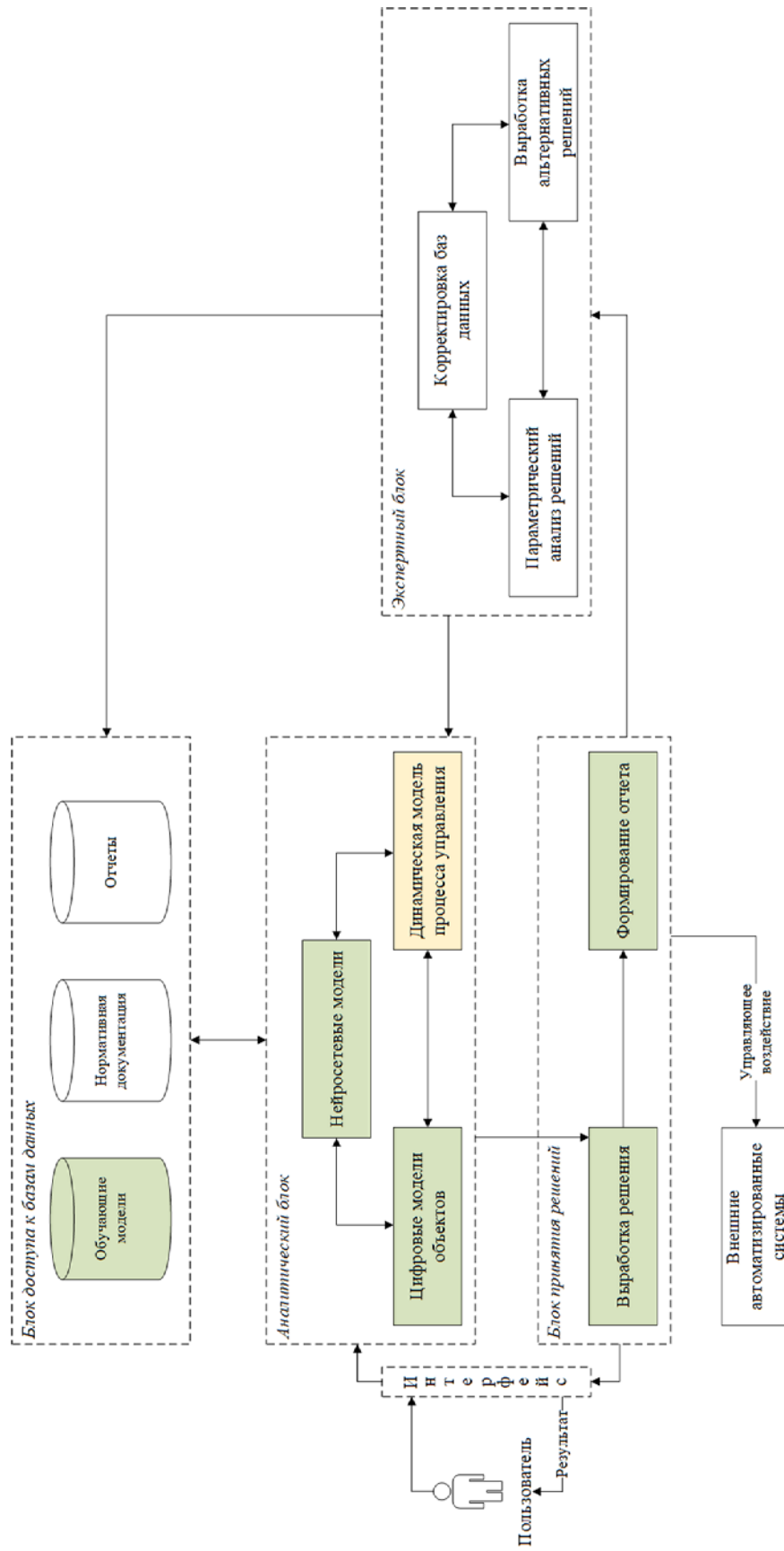


Рис. 4. Система поддержки принятия решений в области грузовых железнодорожных перевозок

Ключевым элементом предложенной СППР является аналитический блок, основанный на синтезе цифровых моделей объекта и нейросетевых моделей, интегрированных с существующей динамической моделью процесса управления. Система отличается выполнением параллельных процессов: одновременно с основными операциями выполняются экспертиза результатов работы и корректировка процедур. Согласно классификации [10], проектируемая система относится к классу активных СППР, так как пользователю предлагается согласиться с выработанным решением.

Разработка нейросетевой модели для распознавания вагонов и грузов

Прикладным решением в рамках новой СППР в области грузовой и коммерческой работы являются разработанные авторским коллективом программные продукты [11, 12].

Работа приложения основана на реализации моделей сверточных нейронных сетей третьего поколения, разработанных во время проведения исследования. Схематично модель применяемой нейронной сети приведена на рис. 5.

Выходной управляющий сигнал формируется следующим образом:

$$U_{\text{ВЫХ}}(U_{jk} \cdot w_{jk}) = \begin{cases} 1, & \text{если } U_{jk} \cdot w_{jk} \in A \\ 0, & \text{если } U_{jk} \cdot w_{jk} \notin A \end{cases} \quad (1)$$

где

$$U_{\text{ВЫХ}} = \sum_{j=1}^{k=1} U_{jk} \cdot w_{jk} = U_{\text{ВЫХ}}^1 + U_{\text{ВЫХ}}^2 + U_{\text{ВЫХ}}^3 = \\ = U_{11} \cdot w_{11} + U_{12} \cdot w_{12} + \dots + U_{jk} \cdot w_{jk}, \quad (2)$$

где $U_{\text{ВЫХ}}$ — выходные данные сети;

U_{jk} — промежуточные данные, передаваемые по нейронной связи;

w_{jk} — вес нейронной связи;

A — множество данных с положительным исходом.

Применение ИИТ и вышеуказанных элементов на железнодорожном транспорте позволит полностью автоматизировать процесс приема вагонов к перевозке. Тогда эта процедура будет проводиться самим грузоотправителем после погрузки в удобное ему время с помощью мобильного устройства (смартфона), на который будет установлено соответствующее программное обеспечение. Процесс сводится к фотографированию вагона с каждого угла и сверху без участия представителя перевозчика. Ввод изображений осуществляется пользователем с помощью камеры либо из памяти устройства. Изображения проверяются на наличие дефектов кузова вагона, соответствие заявленному

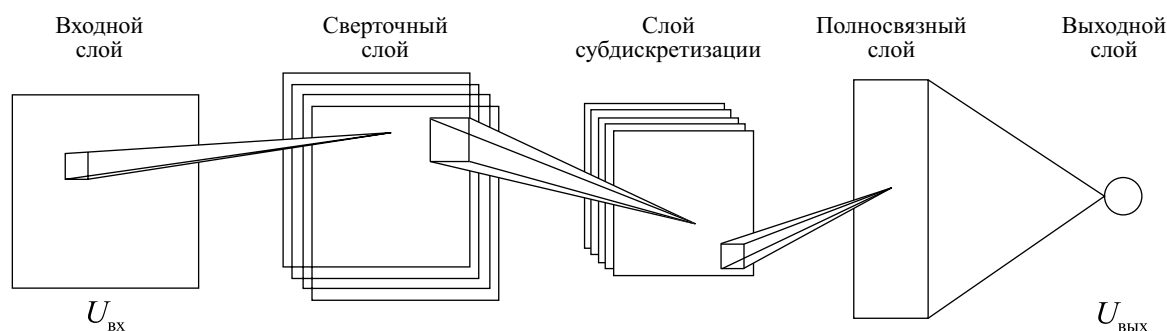


Рис. 5. Упрощенная модель сверточной нейронной сети

роду подвижного состава и груза, а также правильность его погрузки. Кроме того, фотографии сопоставляются между собой на предмет соответствия инвентарного номера вагона. На основании анализа программа формирует итоговый результат и либо разрешает принять вагон к перевозке, либо нет. Благодаря предусмотренной интеграции в существующие автоматизированные системы, в частности, в АС «Этран», решение передается автоматически и не требует от сотрудников перевозчика каких-либо действий по ручному вводу информации.

Кроме того, отметим, что объектом анализа являются именно фотографии, а не видеопоток. Они требуют значительно меньших ресурсов как для распознавания, так и для обучения нейронной сети, а также временных затрат на создание и передачу. Технологией предусматривается и хранение инфор-

мации в течение определенного срока, что также определяет выбор ее типа [13].

Программы на приведенной модели обеспечивают идентификацию подвижного состава, определение типа вагона, распознавание щебня и определение правильности погрузки груза [14, 15]. На рис. 6 показан процесс проведения модельных экспериментов в лабораторных условиях. В настоящий момент программа реализована для двух операционных систем на языках Python и Swift. На рис. 7 приведен фрагмент работы мобильного приложения в реальных условиях на одном из фронтов погрузки щебня на Октябрьской железной дороге. Для проведения эксперимента был выбран щебень как один из видов класса инертных грузов. Более сложные виды погрузки, например по НТУ, рассматривать в текущем состоянии нецелесообразно, так как для выполнения

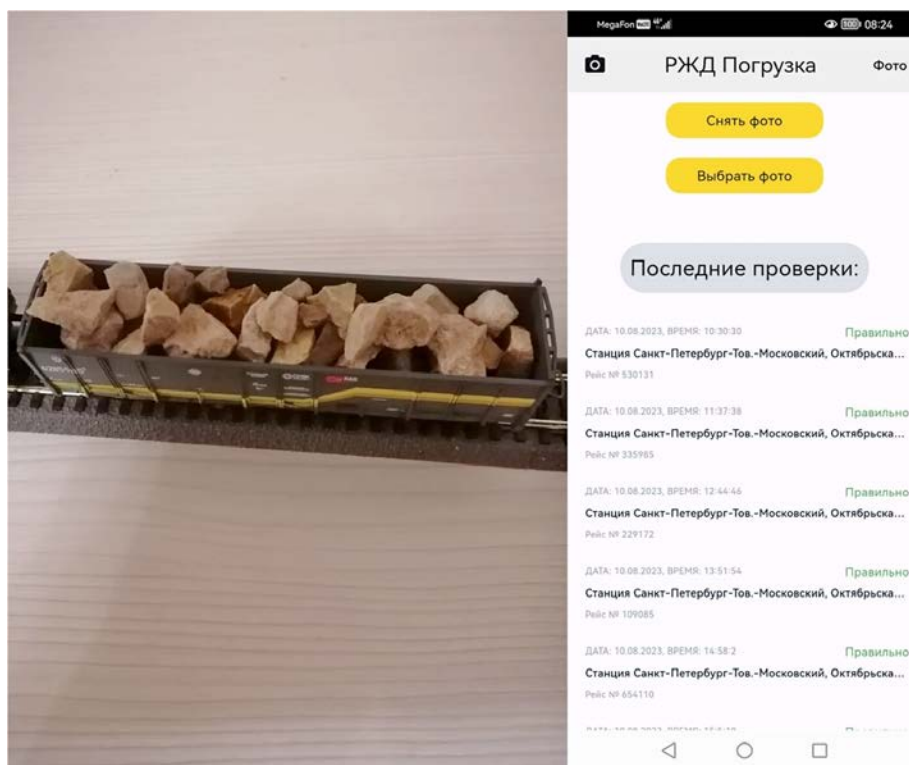


Рис. 6. Проведение модельного эксперимента



Род п/с: Полувагон

Род груза: Щебень

Погрузка: неправильно

Рис. 7. Проведение эксперимента в реальных условиях на полигоне Октябрьской железной дороги

задачи потребуется приложить кратно больше усилий, а объемы погрузки таких грузов значительно уступают инертным, что также обуславливает выбор в пользу последних. Положительный результат позволит применять решение без существенных доработок для остальных видов грузов этого класса.

Планируемые эффекты от внедрения ИИТ

Внедрение ИИТ в перевозочный процесс позволит исключить необходимость в двукратной проверке вагона приемосдатчиком, а именно в приеме вагона к перевозке и коммерческом осмотре перед отправлением, что приведет к уменьшению времени, затрачиваемого на проведение грузовых и коммер-

ческих операций с вагоном. Это позволит уменьшить себестоимость перевозки. В параграфе рассматривается только технологический эффект, экономический будет рассмотрен в дальнейших исследованиях.

Расчет временных затрат на перевозку производится по формуле:

$$t = \sum t_{\text{н.-к.о.}} + \sum t_{\text{в пути}} + \sum t_{\text{техн. опер.}} \quad (3)$$

где $\sum t_{\text{н.-к.о.}}$ — сумма времени, затрачиваемого на выполнение операций на станции погрузки до отправления поезда и на станции выгрузки после прибытия;

$\sum t_{\text{в пути}}$ — сумма времени нахождения вагона в пути;

$\sum t_{\text{техн. опер.}}$ — сумма времени, затрачиваемого на выполнение технологических операций в пути следования (смена локомотива, смена локомотивной бригады, простой на технических станциях и др.).

При этом $\sum t_{\text{н.-к.о.}}$ формируется из следующих компонентов:

$$\sum t_{\text{н.-к.о.}} = 2t_{\text{под}} + t_{\text{погр}} + t_{\text{прием}} + 2t_{\text{уб}} + t_{\text{обр.отпр.}} + t_{\text{обр.приб.}} + t_{\text{выгр}}, \quad (4)$$

где $t_{\text{под}}$ — время, затрачиваемое на операции, связанные с подачей вагона на путь необщего пользования;

$t_{\text{погр}}$ — время, затрачиваемое на операции, связанные с погрузкой вагона;

$t_{\text{прием}}$ — время, затрачиваемое на операции, связанные с приемом вагона к перевозке;

$t_{\text{уб}}$ — время, затрачиваемое на операции, связанные с уборкой вагона с пути необщего пользования;

$t_{\text{обр.отпр.}}$ — время, затрачиваемое на операции, связанные с обработкой вагона перед отправлением;

$t_{\text{выгр}}$ — время, затрачиваемое на операции, связанные с выгрузкой вагона.

Реализация ИИТ на железнодорожном транспорте уменьшит эту составляющую. Для проверки этой гипотезы на полигоне Октябрьской железной дороги был проведен натурный эксперимент. Для этого нейронная сеть была обучена на фотографиях, сделанных в различных световых и погодных условиях. Первичное тестирование на контрольной выборке фотографий основных типов подвижного состава выполнялось в сухую пасмурную погоду. Проверка показала при идентификации полувагона на фотографии результат 100% точности, при распознавании щебня в полувагоне — 99%, и в 97% случаев

было правильно определено положение груза в полувагоне. В ходе эксперимента был проведен хронометраж временных затрат на проведенные операции и сделан сравнительный анализ с текущим состоянием. Результаты представлены в табл. 1.

Временные значения из табл. 1, полученные в ходе эксперимента, показывают кратное сокращение времени, необходимого для приема вагона к перевозке, в случае внедрения ИИТ. Разница средних значений при применении различных технологий для закрытого подвижного состава составляет 14 раз, полувагона и другого открытого подвижного состава — 9,5 раза, контейнеров на фитинговых платформах — 14,8 раза и платформы с техникой — 40 раз.

На рис. 8 приведено графическое сравнение применения существующей технологии и ИИТ при приеме к перевозке полувагона и другого открытого подвижного состава.

Заключение

В настоящей работе выявлен ряд научно-прикладных задач для организации грузовых перевозок и разработаны методические основы внедрения ИИТ в перевозочный процесс на железнодорожном транспорте. Для решения вопроса трудоемкости информационного сопровождения грузовой перевозки авторами предложено внедрить интеллектуальную информационную технологию коммерческого осмотра вагонов и разработана ее структура. Также при помощи методологии функционального моделирования IDEF0 рассмотрено влияние ИИТ на составляющие перевозочного процесса.

Для создания условий реализации усовершенствована система управления процессом приема вагона к перевозке и разработана система поддержки принятия решений

ТАБЛИЦА 1. Значения $t_{\text{прием}}$ при применении существующей технологии приема вагона к перевозке и при применении ИИТ

Итерация	Закрытый ПС		Полувагон и др. ОПС		Фитинговая платформа		Платформа с техникой		
	Существующая технология	Интеллектуальная информационная технология	Существующая технология	Интеллектуальная информационная технология	Существующая технология	Интеллектуальная информационная технология	Существующая технология	Интеллектуальная информационная технология	
Время, необходимое для приема вагона к перевозке	1	28,0	1,9	28,2	3,3	29,7	1,7	87,2	1,7
	2	27,8	2,1	28,3	3,2	29,6	1,9	68,8	2,0
	3	27,5	2,0	28,7	3,1	29,3	2,0	81,2	2,2
	4	29,3	2,3	28,9	2,8	29,3	1,8	65,6	1,9
	5	29,5	2,1	27,6	2,8	29,5	1,9	91,1	2,1
	6	28,9	2,3	28,5	3,0	28,9	2,2	97,6	1,8
	7	27,7	1,9	28,0	2,9	29,8	2,1	62,5	1,8
	8	27,0	1,8	29,3	3,4	30,1	1,9	72,8	1,8
	9	28,6	1,7	28,2	3,2	30,1	1,7	73,0	2,0
	10	27,6	2,0	27,7	3,0	29,5	2,1	72,3	1,7
	11	26,9	2,3	29,5	2,8	28,8	1,9	76,6	1,8
	12	28,1	1,7	29,0	3,3	29,3	1,7	98,0	2,0
	13	28,3	2,1	27,7	2,8	28,8	2,0	79,9	2,2
	14	27,3	1,9	28,9	3,2	30,5	1,9	92,8	2,2
	15	27,8	1,8	28,2	2,7	30,3	2,1	76,5	2,2
	16	26,7	2,1	28,4	2,9	29,3	1,8	92,1	1,9
	17	28,1	2,0	28,9	2,7	31,0	2,3	90,2	1,8
	18	27,9	2,3	28,7	2,7	29,0	2,3	76,2	2,1
	19	27,7	1,8	28,6	2,8	29,5	2,2	54,0	2,2
	20	28,3	2,3	29,4	2,5	28,7	1,7	92,1	1,7
Среднее значение	28,0	2,0	28,5	3,0	29,6	2,0	80,0	2,0	

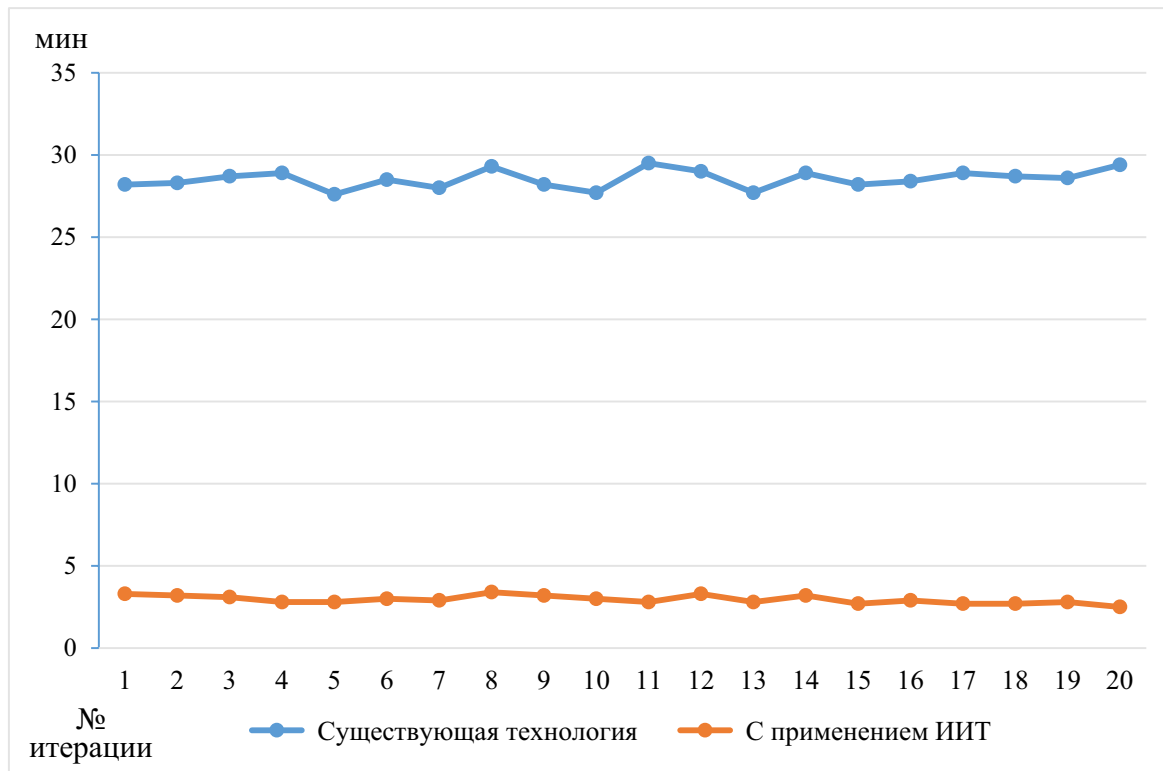


Рис. 8. Сравнительный график времени приема открытого подвижного состава к перевозке

в области грузовой и коммерческой работы. Отметим, что элементы систем не являются новыми, но их предложенная компоновка позволяет увеличить эффективность процесса с помощью организационных изменений. В системе управления приемом вагона к перевозке предложен новый блок «Интеллектуальная среда», включающий в себя разрабатываемое программное обеспечение и обеспечивающий его интеграцию с существующими автоматизированными системами. В СППР новым является «Блок принятия решений», где на основе проведенного анализа полученных изображений формируется решение о приеме вагона к перевозке или об отказе от него, а также формируется управляющее воздействие в интегрированные автоматизированные системы для начала перевозки. Прикладным решением в рамках

спроектированной СППР является мобильное приложение для приема к перевозке полувагонов с щебнем. Оно создано на основе разработанной модели сверточной нейронной сети. В целях проведения лабораторного и натурного экспериментов для подтверждения научной гипотезы в приложение заложен функционал распознавания полувагонов и щебня, в дальнейших исследованиях будут рассмотрены другие комбинации.

Проведен эксперимент, доказывающий технологическую эффективность разработанного решения, определено время, необходимое для приема вагона к перевозке при внедрении ИИТ. Сделан сравнительный анализ, показавший его кратное сокращение.

В продолжение исследования планируется разработать схему интеллектуальной информационной технологии коммерческого

осмотра, ее описание и рекомендации по практическому применению, а также провести эксперимент в других погодных и световых условиях.

Библиографический список

1. Системы управления ж/д транспортом. URL: <https://niias.ru/products-and-services/products/sistemy-upravleniya-zh-d-transportom/> (дата обращения: 10.03.2024).

2. Матюхин В.Г. Интеллектуальные системы для железнодорожного транспорта. Опыт и перспективы // Труды четвертой научно-технической конференции с международным участием «Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. Компьютерное и математическое моделирование» (ИСУЖТ-2015). М., 2015. С. 3–5.

3. Концепция реализации комплексного научно-технического проекта «Цифровая железная дорога»: распоряжение ОАО «РЖД» от 05.12.2017 № 1285. URL: <https://company.rzd.ru/ru/9397/page/104069?id=56885> (дата обращения: 09.03.2024).

4. Верескун В.Д. Методы управления в корпоративных информационных системах на транспорте // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2008. № 1. С. 61–67.

5. Автоматизированная система коммерческого осмотра поездов и вагонов. URL: <https://www.alfa-pribor.ru/products/automated-inspection-system/asko-pv/> (дата обращения: 10.03.2024).

6. Кулькин А.Г. Совершенствование систем управления технологическими процессами на железнодорожном транспорте // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2002. № 2. С. 96–98.

7. Смирнов Ф.А., Новичихин А.В., Ковалев К.Е. Совершенствование грузовой и коммерческой работы на железнодорожном транспорте: концепция и инструментарий // Известия Петер-

бургского университета путей сообщения. 2023. Т. 20, вып. 2. С. 302–313.

8. Методы классической и современной теории автоматического управления: учебник: в 3 т. Т. 3: Методы современной теории автоматического управления / под ред. Н.Д. Егупова. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. 748 с.

9. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. М.: МПСИ, 2005. 584 с.

10. Haettenschwiler P. Neues anwenderfreundliches Konzept der Entscheidungs-unterstützung. Gutes Entscheiden in Wirtschaft&Politik. Zurich: Hochschulverlag, 1999. P. 189–208.

11. Программа для определения типа вагонов и опасных грузов: свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2022617520. 11.04.2022 / 21.04.2022 / Ф.А. Смирнов [и др.].

12. Программа для определения правильности погрузки щебня в полувагон: свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2023666145. 14.07.2023 / 26.07.2023 / Ф.А. Смирнов, И.А. Щербак, А.В. Новичихин.

13. Сакович И.Л., Смирнов Ф.А., Новичихин А.В. Интеллектуальная информационная технология коммерческого осмотра // Железнодорожный транспорт. 2024. № 5. С. 25–27.

14. 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.

15. Владимиров Д.А. Булевы алгебры. М., 1969. С. 320.

Дата поступления: 18.06.2024

Решение о публикации: 14.07.2024

Контактная информация:

СМИРНОВ Федор Андреевич — аспирант;
fsmirnov96@gmail.com

НОВИЧИХИН Алексей Викторович — доктор техн. наук, профессор; novitchihin@bk.ru

Automation of acceptance of wagons for transportation: control system and neural network model

F. A. Smirnov, A. V. Novichikhin

Emperor Alexander I Petersburg State Transport University, 9, Moskovsky pr., Saint Petersburg, 190031, Russia

For citation: Smirnov F. A., Novichikhin A. V. Automation of acceptance of wagons for transportation: control system and neural network model // Proceedings of Petersburg Transport University. 2024. Vol. 21, iss. 3. P. 670–685. (In Russian) DOI: 10.20295/1815-588X-2024-03-670-685

Abstract

Purpose: the article examines the problem areas of interaction between the carrier and the cargo owner, as well as existing methods for improving it. A solution to the problem of labor-intensive information support for freight transportation is proposed using intelligent information technology. Its structure has been determined, the system for managing the process of accepting a wagon for transportation has been improved, and a decision support system in the field of rail freight transportation has been developed. The life cycle diagram of the transportation process, built using the IDEF0 functional modeling methodology, reflects the influence of intelligent information technology on all components during its implementation. The practical aspect of implementation is represented by a software product based on a neural network model complex. The results of model experiments in laboratory conditions and tests in real conditions at the Oktyabrskaya Railway test site are presented, which showed a significant reduction in the time spent on accepting a car for transportation and the influence of the human factor, which in the future reduces the cost of freight transportation. **Methods:** the study uses methods of system analysis, transportation management theory, neural network modeling and synthesis of existing models. Results: a technology has been proposed and specific tools have been developed to improve the quality of information support for rail freight transportation. **Practical significance:** the implementation of the developed solutions will automate information support for rail freight transportation and data exchange between the carrier and the shipper.

Keywords: intelligent information technology, control system, decision support system, neural network model, commercial inspection, automation

References

1. Sistemy upravleniya zh/d transportom. URL: <https://niias.ru/products-and-services/products/sistemy-upravleniya-zh-d-transportom/> (data obrashcheniya: 10.03.2024). (In Russian)
2. Matyuhin V. G. Intellektual'nye sistemy dlya zheleznodorozhnogo transporta. Opyt i perspektivy // Trudy chetvertoj nauchno-tehnicheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem "Intellektual'nye sistemy upravleniya na zheleznodorozhnom transporte. Komp'yuternoe i matematicheskoe modelirovanie" (ISUZHT-2015). M., 2015. S. 3–5. (In Russian)
3. Koncepciya realizacii kompleksnogo nauchno-tehnicheskogo proekta "Cifrovaya zheleznaya doroga": rasporyazhenie OAO "RZHD" ot 05.12.2017 № 1285. URL: <https://company.rzd.ru/ru/9397/page/104069?id=56885> (data obrashcheniya: 09.03.2024). (In Russian)
4. Vereskun V. D. Metody upravleniya v korporativnyh informacionnyh sistemah na transporte // Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshcheniya. 2008. № 1. S. 61–67. (In Russian)
5. Avtomatizirovannaya sistema kommercheskogo osmotra poezdov i vagonov. URL: <https://www.alfa-pribor.ru/products/automated-inspection-system/asko-pv/> (data obrashcheniya: 10.03.2024). (In Russian)
6. Kul'kin A. G. Sovershenstvovanie sistem upravleniya tekhnologicheskimi processami na

zheleznodorozhnom transporte // Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshcheniya. 2002. № 2. S. 96–98. (In Russian)

7. Smirnov F.A., Novichihin A.V., Kovalev K.E. Sovershenstvovanie gruzovoj i kommercheskoj raboty na zheleznodorozhnom transporte: koncepciya i instrumentarij // Izvestiya Peterburgskogo universiteta putej soobshcheniya. 2023. T. 20, vyp. 2. S. 302–313. (In Russian)

8. Metody klassicheskoy i sovremennoj teorii avtomaticheskogo upravleniya: uchebnik: v 3-h t. T. 3: Metody sovremennoj teorii avtomaticheskogo upravleniya / pod red. N.D. Egupova. M.: Izd-vo MGTU im. N.E. Baumana, 2000. 748 s. (In Russian)

9. Novikov D.A. Teoriya upravleniya organizatsionnymi sistemami. M.: MPSI, 2005. 584 s. (In Russian)

10. Haettenschwiler P. Neues anwenderfreundliches Konzept der Entscheidungs-unterstützung. Gutes Entscheiden in Wirtschaft&Politik. Zurich: Hochschulverlag, 1999. P. 189–208.

11. Programma dlya opredeleniya tipa vagonov i opasnyh gruzov: svidetel'stvo o registracii programmy dlya EVM № 2022617520. 11.04.2022 / 21.04.2022 / F.A. Smirnov [et al.]. (In Russian)

12. Programma dlya opredeleniya pravil'nosti pogruzki shchebnya v poluvagon: svidetel'stvo o registracii programmy dlya EVM № 2023666145. 14.07.2023 / 26.07.2023 / F.A. Smirnov, I. A. Shcherbak, A.V. Novichihin. (In Russian)

13. Sakovich I.L., Smirnov F.A., Novichihin A.V. Intellektual'naya informacionnaya tekhnologiya kommercheskogo osmotra // Zheleznodorozhnyj transport. 2024. № 5. S. 25–27. (In Russian)

14. Rutkovskaya D., Pilin'skij M., Rutkovskij L. Nejronnye seti, geneticheskie algoritmy i nechetkie sistemy / per. s pol'sk. I.D. Rudinskogo. M.: Goryachaya liniya — Telekom, 2006. 452 s. (In Russian)

15. Vladimirov D.A. Bulevy algebry. M., 1969. S. 320. (In Russian)

Received: 18.06.2024

Accepted: 14.07.2024

Author's information:

Fedor A. SMIRNOV — Postgraduate Student; fsmirnov96@gmail.com

Alexey V. NOVICHIKHIN — Dr. Sci. in Engineering, Associate Professor; novichihin@bk.ru