

Предиктивная аналитика в планировании контингента монтеров пути в автоматизированных системах управления железнодорожным транспортом

Т.Н. Асалханова✉, А.А. Осолков

Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

✉asalk-tatyana@yandex.ru

Резюме

Одним из важных показателей эффективности организации текущего содержания железнодорожного пути является качественное выполнение технологических процессов с соблюдением типовых норм времени. Путевые работы дистанций пути осуществляются исходя из показателей состояния верхнего строения пути, с учетом обеспечения безопасности движения и оптимальных затрат на содержание инфраструктуры. Планирование и организация путевых работ зависят прежде всего от основных участников технологических процессов – монтеров пути, соответствия их квалификации и разрядам для тех видов работ, которые должны выполняться. При этом планированием контингента рабочих занимаются специалисты дистанции пути и во многом от их знаний, профессионализма и умозаключений, которые они делают на основании отчетных данных из систем, зависит качество выполнения путевых работ. В статье рассматриваются вопросы планирования контингента монтеров пути для выполнения текущего содержания пути с учетом имеющихся проблем, а также возможность усовершенствования корпоративных автоматизированных систем за счет внедрения цифровых технологий – предиктивной аналитики, Big Data, машинного обучения. Планирование путевых работ производится в Единой корпоративной автоматизированной системе управления инфраструктурой на основании данных о движении кадров из Единой корпоративной автоматизированной системы управления трудовыми ресурсами. В системах возникают разногласия по разрядам монтеров пути, так как в последней формируется списочная численность рабочих без учета временных переводов. В результате в системах возникает разница между средним разрядом рабочих, в том числе и из-за того, что не реализованы инструменты расчета текучести кадров, прогнозирования движения и численности монтеров пути, что приводит к сложностям при планировании контингента, особенно на годовой период. Предиктивная аналитика в совокупности с математическими моделями неочевидных зависимостей, дескриптивного анализа позволит в указанных системах создать прогнозную аналитику движения контингента, выявить скрытые проблемы, которые могут влиять на эффективное планирование путевых работ.

Ключевые слова

дистанции пути, контингент, монтер пути, предиктивная аналитика, средний разряд работ, средний разряд работников, Единая корпоративная автоматизированная система управления инфраструктурой, Единая корпоративная автоматизированная система управления трудовыми ресурсами

Для цитирования

Асалханова Т.Н. Предиктивная аналитика в планировании контингента монтеров пути в автоматизированных системах управления железнодорожным транспортом / Т.Н. Асалханова, А.А. Осолков // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2024. № 3 (83). С. 20–30. DOI 10.26731/1813-9108.2024.3(83).20-30.

Информация о статье

поступила в редакцию: 28.05.2024 г.; поступила после рецензирования: 06.09.2024 г.; принята к публикации: 09.09.2024 г.

Predictive analytics in the planning of a contingent of track fitters in automated railway transport management systems

T.N. Asalkhanova✉, A.A. Oskolkov

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

✉asalk-tatyana@yandex.ru

Abstract

One of the important efficiency indicators in the organization of the current railway track maintenance is the high-quality execution of technological processes in compliance with typical time standards. Track work of the track distances is carried out based on the indicators of the track upper structure condition, taking into account traffic safety and optimal infrastructure maintenance costs. Planning and organizing of track work, first of all, depend on the main participants of technological processes that is the track fitters, their qualifications and categories for the types of work to be performed. At the same time, specialists of the distance of the track are engaged in planning the contingent of workers and, in many respects, the quality of the work depends on their

knowledge and qualifications, the conclusions they draw based on the reporting data from the systems. The article discusses the issues of planning a contingent of track fitters to fulfill the current content of the track, taking into account existing problems, as well as the possibility of improving corporate automated systems through the introduction of digital technologies – predictive analytics, big data, machine learning. The planning of track work is carried out in the unified corporate automated infrastructure management system based on data on the movement of personnel from the unified corporate automated human resource management system. There are disagreements in the systems on the categories of track fitters, because the list number of workers is taken into account in the unified corporate automated human resource management system, without taking into account temporary transfers. This results in a difference between the average category of workers in the systems, also due to the fact that tools for calculating staff turnover, forecasting traffic and the number of track fitters are not implemented, which leads to the complexity of contingent planning, especially for an annual period. Predictive analytics in combination with mathematical models of non-obvious dependencies and descriptive analysis will allow systems to create predictive analytics of contingent movement and identify hidden problems that can affect the effective planning of travel work.

Keywords

track distances, contingent, track fitter, predictive analytics, average category of work, average category of workers, Unified corporate automated infrastructure management system, Unified corporate automated human resource management system

For citation

Asalkhanova T.N., Oskolkov A.A. Prediktivnaya analitika v planirovani kontingenta monterov puti v avtomatizirovannykh sistemakh upravleniya zheleznodorozhnym transportom [Predictive analytics in the planning of a contingent of track fitters in automated railway transport management systems]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2024, no. 3(83), pp. 20–30. DOI: 10.26731/1813-9108.2024.3(83).20-30.

Article Info

Received: May 28, 2024; Revised: September 6, 2024; Accepted: September 9, 2024.

Введение

«Запускается третий этап расширения Восточного полигона железных дорог – БАМа и Транссиба... До 2030 года их пропускная способность возрастет со 173 до 210 миллионов тонн в год», – В.В. Путин [1].

В условиях реализации таких масштабных проектов в холдинге ОАО «РЖД» и, в частности на Восточном полигоне, возрастает спрос на содержание и обслуживание инфраструктурного комплекса, так как от тяжеловесных составов и их количества огромная нагрузка ложится на все элементы верхнего строения пути, что вызывает увеличение объемов путевых работ. От качества содержания инфраструктуры зависит не только внедрение крупномасштабных проектов холдинга, но и экономическая составляющая страны [2].

При возрастании объемов путевых работ на специалистов дистанций пути и службы пути возлагается огромная ответственность за планирование, организацию работ по текущему содержанию пути и качество выполнения технологических процессов. Необходимо заранее оценить потребности всех ресурсов не только на текущий момент, но и с учетом будущих объемов грузоперевозок, установления скоростей движения подвижного состава. И один из самых сложных процессов в планировании – это прогноз численно-

сти основных работников дистанции пути – монтеров пути [3].

В настоящее время аналитические процессы в разных корпоративных автоматизированных системах частично автоматизированы. Тем не менее специалистам дистанций пути приходится формировать отчеты из систем и вручную сравнивать показатели, что приводит к большим трудозатратам. На результаты анализа влияют опыт и квалификация работников, умение работать с данными из систем, соответственно, человеческий фактор может оказывать негативное воздействие на принятие управленческих решений [4].

Назрела необходимость внедрения современных инструментов предиктивной аналитики, больших данных, машинного обучения, искусственного интеллекта, нейросетей в корпоративные автоматизированные системы управления, которые позволят отойти от ручного труда, реализовать функции интеллектуального анализа данных (Data Mining), в том числе методы классификации, регрессии, кластеризации объектов (кластерный анализ персонала дистанции пути для выявления факторов текучести и эффективного использования кадров), установления последовательных паттернов (т.е. выявления типов поведения работников при различных производственных условиях) и анализа отклонений [5].

В компании накоплены огромные массивы информации об объемах путевых работ, движении персонала, квалификации рабочих в таких системах, как Единая корпоративная автоматизированная система управления трудовыми ресурсами (ЕК АСУТР), Единая корпоративная автоматизированная система управления инфраструктурой (ЕК АСУИ), корпоративное информационное хранилище данных (КИХ) и др., что послужит основанием для внедрения предиктивной аналитики, построения нейросети.

В ходе настоящего исследования и подготовки статьи поставлена цель – разработка алгоритма предиктивной аналитики для усовершенствования автоматизированных систем управления в части процесса планирования путевых работ с учетом особенностей реального наличия монтеров пути, обеспечивающего качественное выполнение технологических работ.

Постановка проблемы

В состав путевого хозяйства Центральной дирекции инфраструктуры (ЦДИ) входят 365 предприятий, в которых трудится более 128 тыс. чел. При этом работники обслуживают почти 184 тыс. км путей и более 82 тыс. искусственных сооружений. В структурных подразделениях путевого хозяйства холдинга с 2012–

2023 гг. наблюдается рост средней грузонапряженности с 34,1 млн т·км брутто до 39,8 (+ 5,7 млн т·км брутто, или 17 %) и увеличение протяженности главных путей со сверхнормативным пропущенным тоннажем и сроком эксплуатации (просрочки) с 20 541,9 км до 23 100 км (+ 2 558,1 км, или 12,5 %) [5].

Снижение списочной численности монтеров пути в ЦДИ за 11 лет составило 11 291 чел., что связано не только с естественным выбытием (пенсионный возраст, повышение, внутритранспортный перевод), но и с высокой текучестью кадров среди данной категории работников (рис. 1).

Текучесть монтеров пути часто объясняют сложными условиями труда (физические нагрузки, работа при любых метеоусловиях, часто отсутствие бытовых условий и т.п.), невысокой зарплатой, завышенными требованиями со стороны руководства дистанции пути, оптимизацией численности. Возможно, это и субъективный взгляд специалистов дистанций пути, так как в системе ЕК АСУТР учитываются только те причины увольнения, которые указывают монтеры пути в заявлениях. В системе существует систематизация причин увольнения, но недостаточная классификация и отсутствуют методы машинного обучения – кластерный анализ факторов мотивации данной

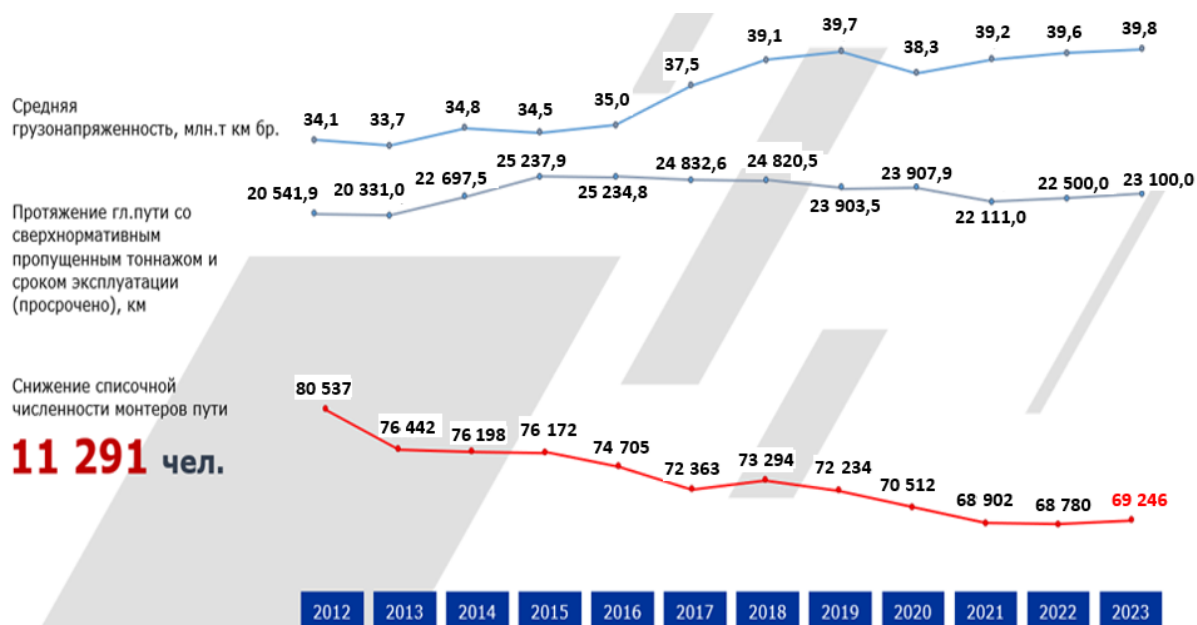


Рис. 1. Соотношение снижения численности монтеров пути к техническому состоянию пути по Центральной дирекции инфраструктуры в 2012–2023 гг.

Fig. 1. The ratio of the decrease in the number of track fitters to the technical condition of the track according to the Central Infrastructure Directorate in 2012–2023

категории работников, отсутствуют прогнозы текучести кадров.

В Восточно-Сибирской дирекции инфраструктуры (ВС ДИ) снижение численности монтеров пути с 2011 по 2023 г. составило 291 чел. (рис. 2) [6].

Несмотря на снижение численности, количество рабочих заданий, зафиксированных в системе ЕК АСУИ, увеличилось почти в 2 раза (рис. 3).

Расчет нормативной численности монтеров пути на текущее содержание пути осуществляется ежегодно в соответствии с норма-

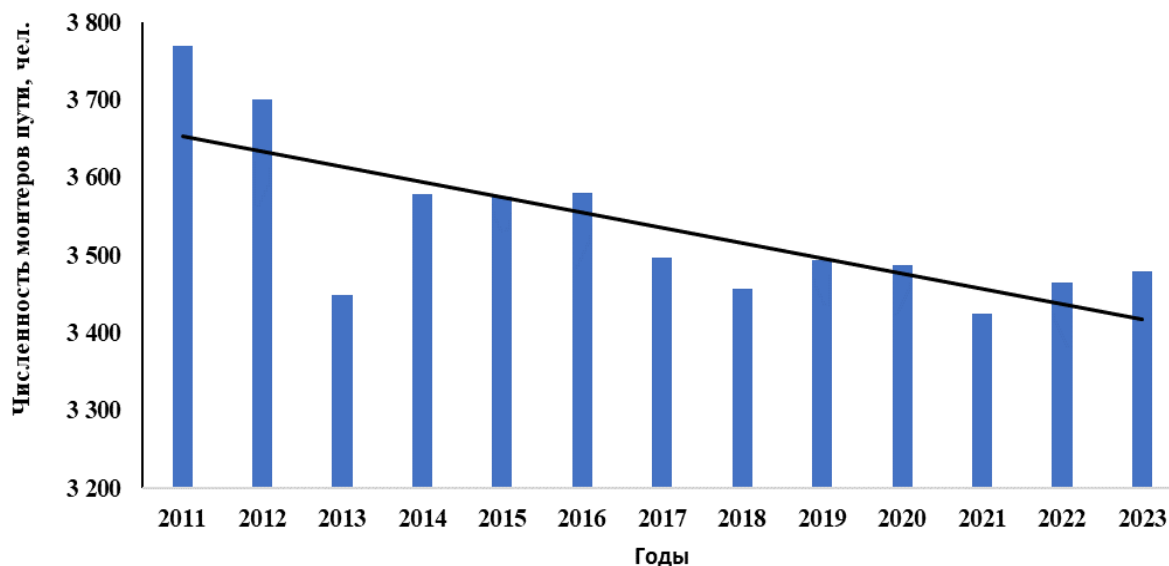


Рис. 2. Снижение численности монтеров пути в Восточно-Сибирской дирекции инфраструктуры с 2011 по 2023 г.

Fig. 2. Decrease in the number of track fitters in the East Siberian Infrastructure Directorate from 2011 to 2023

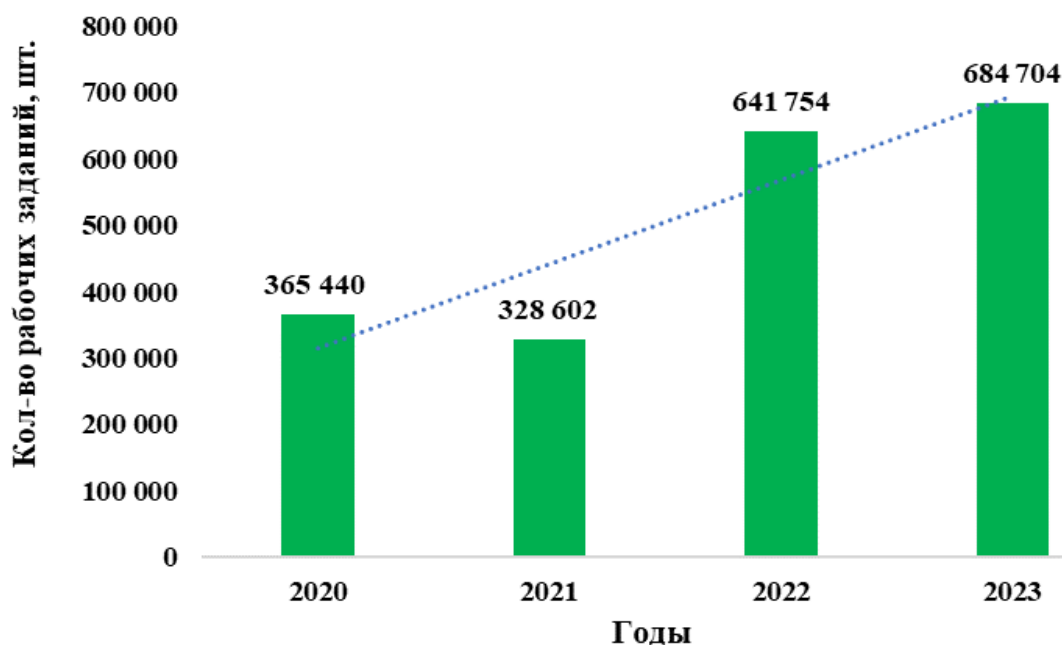


Рис. 3. Рост количества рабочих заданий в Единой корпоративной автоматизированной системе Управления инфраструктурой в дистанциях пути Восточно-Сибирской дирекции инфраструктуры

Fig. 3. The increase in the number of work assignments in the Unified corporate automated infrastructure management system in the distances of the track of the East Siberian Infrastructure Directorate

тивными документами холдинга. Рассчитываемая численность для каждого участка дистанции пути производится по нормам в зависимости от класса пути, развернутой длины пути, количества стрелочных переводов и поправочных коэффициентов, грузонапряженности, установленных скоростей движения подвижного состава, которые определяют затраты труда для конкретной конструкции и условий эксплуатации. Расчеты производятся в системе ЕК АСУТР на основе паспорта дистанции пути, который автоматически загружается из системы оценки и прогнозирования состояния объектов инфраструктуры ЕК АСУИ [7].

Эффективное планирование работ по текущему содержанию пути во многом зависит от рассчитанных значений плановых объемов работ, списочной и явочной численности, квалификации монтеров пути, которые будут выполнять путевые работы в соответствии с требованиями типовых норм времени или карт технологических процессов, а также с учетом численности сигналистов или монтеров пути, имеющих право на ограждение места работы [8, 9].

Средний разряд по нормированным работам характеризует средний уровень сложности технологического процесса и квалификации работников, позволяет установить степень их взаимного соответствия [7, 10]. Расчет среднего разряда работ производится исходя из нормативной трудоемкости работ, через средневзвешенный тарифный коэффициент K_{cp} по формуле:

$$K_{cp} = \frac{\sum K_{p_i} \cdot N_i \cdot V_i}{\sum N_i \cdot V_i},$$

где K_{p_i} – тарифный коэффициент разряда i -ой работы по первому уровню оплаты труда (вне зависимости от того, какой уровень оплаты труда применяется при оплате данной работы); N_i – норма времени i -ой работы; V_i – объем i -ой работы за определенный период времени.

В качестве исходных данных принимается плановый объем путевых работ, а также фактически выполненные объемы работ за предыдущий период времени, аналогичный выбранному. Данные по выполненным объемам работ получают из нормированных заданий, рабочих заданий, подтверждающих фактически выполненные объемы работ [7, 8].

В соответствии с рассчитанным средневзвешенным тарифным коэффициентом находятся близлежащие тарифные коэффициенты по тарифной сетке для первого уровня оплаты труда и рассчитывается средний разряд работ по формуле:

$$R_{cp} = R_M + (K_{cp} - K_M) / (K_B - K_M),$$

где R_M – меньший разряд в соответствии с меньшим тарифным коэффициентом; K_B , K_M – больший и меньший тарифные коэффициенты.

В целях рациональной организации работы и планирования численности рабочих по квалификационному составу, для достижения необходимого уровня качества процессов и услуг средний разряд работ должен соответствовать или быть незначительно выше среднего разряда рабочих [10]. Средний разряд рабочих также рассчитывается в зависимости от средневзвешенного тарифного коэффициента по формуле:

$$K_{cp} = \frac{\sum K_{p_i} \cdot t_i}{\sum t_i},$$

где t_i – фактически отработанное время за выбранный период для i -го разряда.

В соответствии с нормативами оптимальным уровнем организации труда считается тот, когда средний разряд работ выше среднего разряда рабочих не более, чем на 0,5 разряда. Такое соотношение создает перспективы роста квалификации работников. При большем отставании среднего разряда рабочих от среднего разряда работ возможно ухудшение качества выполняемой работы, увеличение затрат, снижение производительности труда монтеров пути, дополнительные финансовые затраты [10, 11].

При значительном повышении среднего разряда рабочих над средним разрядом работ происходит перерасход средств фонда заработной платы, предусмотренных для оплаты фактически выполняемых работ. Кроме того, в данном случае потенциал работников используется нерационально, производительность труда как высококвалифицированных монтеров пути, так и рабочих с низким разрядом снижается. Но и значительное снижение среднего разряда работников по сравнению со средним разрядом работ может указать на отсутствие работников с высоким разрядом при выполнении технологических процессов. Такие случаи происходят часто, так как на время отсутствия

бригадира или дорожного мастера монтеров пути с 5 и 6 разрядами временно переводят на должности руководителей среднего звена. При этом в системе ЕК АСУИ участие таких высококвалифицированных работников в путевых работах не отражается [4].

Разряд рабочих отражается в двух системах – ЕК АСУИ и ЕК АСУТР, а разряд работ только в первой из них.

Материалы и методы исследования

Для исследования применялись статистические и математические методы. Анализ проводился на основе данных, полученных из систем ЕК АСУИ и ЕК АСУТР за 2023 г. по станциям пути ВС ДИ.

В системе ЕК АСУТР в функциональности экономиста сформированы месячные отчеты по штатной численности монтеров пути, но средний разряд монтеров пути инженеру по организации и нормированию труда приходится рассчитывать вручную, так как в системе не заложен алгоритм расчета среднего разряда работников (рис. 4).

В системе ЕК АСУИ формируются несколько отчетов, в которых отражаются разные виды численности монтеров пути – списочная, явочная, среднесписочная. Для анализа выбран отчет по среднему разряду работ и среднему разряду работников (монтеров пути) (рис. 5).

Сравнительный анализ среднего разряда монтеров пути в системах ЕК АСУТР и

| ОТЧЕТ О ШТАТНОЙ ЧИСЛЕННОСТИ НА 28.02.2023 | | | Средний разряд монтеров пути | |
|---|------------------------------------|---------------|------------------------------|--------|
| Наименование структурного подразделения | Наименование должности / профессии | Кол-во шт.ед. | | |
| ПЧ-7 Иркутск-Сортировочный | Всего: | 268,00 | 4,1 | |
| | Монтер пути | 268,00 | | |
| | | РБУ2 06 | | 37,00 |
| | | РБУ2 05 | | 47,00 |
| | | РБУ2 04 | | 103,00 |
| ПЧ-4 Зима | Всего: | 209,00 | 3,9 | |
| | Монтер пути | 209,00 | | |
| | | РБУ2 06 | | 3,00 |
| | | РБУ2 05 | | 39,00 |
| | | РБУ2 04 | | 99,00 |
| ПЧ-5 Черемково | Всего: | 228,00 | 3,9 | |
| | Монтер пути | 228,00 | | |
| | | РБУ2 06 | | 9,00 |
| | | РБУ2 05 | | 29,00 |
| | | РБУ2 04 | | 110,00 |
| ПЧ-9 Слюдянка | Всего: | 307,00 | 4,2 | |
| | Монтер пути | 307,00 | | |
| | | РБУ2 06 | | 28,00 |
| | | | | |
| | | | | |

Рис. 4. Отчет о штатной численности из Единой корпоративной автоматизированной системы управления трудовыми ресурсами за январь 2023 г.

Fig. 4. Staffing report from the Unified corporate automated human resource management system for January 2023

| Анализ среднего разряда выполняемых работ, среднего разряда рабочих по Восточно-Сибирской ДИ на период с 01.01.2023 по 31.01.2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|------|-------|-------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|--------------------|------|-------|------------------|------|-------|---------------------------------|------|------|--------------------------------|------|------|---------------------------|------|-------|---------------------------|------|-------|---------------------------------------|--|--|--|--|--|
| Бригада | Средний разряд выполняемых работ/фактический разряд рабочих | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | раб от | | | фак т | | | ± | | | ТОНВ | | | Работы по балласту | | | Работы по шпалам | | | Работы по рельсам и скреплениям | | | Работы по стрелочным переводам | | | Погрузочно-разгрузочные и | | | Работы по путевым знакам, | | | Работы по исправлению пути на пучинах | | | Работы по ТС со скреплениями АРС, ЖБР, | | |
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | | | | | | |
| ПЧ-17 Вихоревская | 3,27 | 3,34 | 0,07 | 3,16 | 3,38 | 0,22 | 3,47 | 3,33 | -0,14 | 3,30 | 3,10 | -0,20 | 3,26 | 3,36 | 0,10 | 5,34 | 3,36 | -1,98 | 2,62 | 3,54 | 0,92 | 2,00 | 3,13 | 1,13 | 3,19 | 3,15 | -0,04 | 4,00 | 3,43 | -0,57 | | | | | | |
| ПЧ-19 Коршунская | 2,95 | 3,28 | 0,33 | 2,76 | 3,20 | 0,44 | 3,69 | 3,46 | -0,23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,26 | 3,40 | 0,14 | 4,84 | 3,42 | -1,42 | 2,25 | 3,81 | 1,56 | 2,00 | 3,44 | 1,44 | 2,81 | 3,32 | 0,51 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | | | | |
| ПЧ-21 Ленская | 2,94 | 3,19 | 0,25 | 2,70 | 3,14 | 0,44 | 4,18 | 3,29 | -0,89 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,39 | 3,23 | -0,16 | 4,49 | 3,24 | -1,25 | 2,23 | 3,25 | 1,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,95 | 3,26 | 0,31 | 4,40 | 3,25 | -1,15 | | | | | | |
| ПЧ-01 Тайшетская | 3,59 | 3,56 | -0,03 | 3,31 | 3,47 | 0,16 | 4,15 | 3,67 | -0,48 | 2,90 | 3,64 | 0,74 | 3,51 | 3,64 | 0,13 | 4,70 | 3,65 | -1,05 | 3,00 | 3,02 | 0,02 | 2,00 | 3,53 | 1,53 | 2,61 | 3,56 | 0,95 | 4,00 | 3,00 | -1,00 | | | | | | |
| ПЧ-07 Иркутск-сортировочная | 3,81 | 3,86 | 0,05 | 3,80 | 3,84 | 0,04 | 4,25 | 3,97 | -0,28 | 2,50 | 4,07 | 1,57 | 3,61 | 3,89 | 0,28 | 5,22 | 3,89 | -1,33 | 3,52 | 3,95 | 0,43 | 2,00 | 3,96 | 1,96 | 2,76 | 3,82 | 1,06 | 4,00 | 3,93 | -0,07 | | | | | | |
| ПЧ-03 Тулунская | 3,52 | 3,41 | -0,11 | 3,10 | 3,40 | 0,30 | 4,33 | 3,32 | -1,01 | 3,63 | 3,41 | -0,22 | 3,87 | 3,49 | -0,38 | 4,35 | 3,42 | -0,93 | 2,99 | 3,09 | 0,10 | 2,00 | 3,55 | 1,55 | 3,35 | 3,41 | 0,06 | 4,39 | 3,28 | -1,11 | | | | | | |

Рис. 5. Анализ среднего разряда выполняемых работ, среднего разряда рабочих в единой корпоративной автоматизированной системе управления инфраструктурой за январь 2023 г.

Fig. 5. Analysis of the average grade of work performed, the average grade of workers in unified corporate automated infrastructure management system for January 2023

ЕК АСУИ показал, что существует несколько причин расхождения среднего разряда монтеров пути:

1. Передача данных из ЕК АСУТР в ЕК АСУИ осуществляется один раз в сутки, что приводит к «запаздыванию» информации о временных переводах монтеров пути на другие должности.

2. В ЕК АСУТР не учитываются временные переводы, отсутствие работников по разным причинам (административные, учебные и очередные отпуска, болезни, неявки по разным причинам), что завышает средний разряд монтеров пути, которые должны участвовать в технологических процессах.

3. В ЕК АСУИ в анализ среднего разряда выполняемых работ включаются и монтеры пути, которые фактически выполняют обязанности сигнальщиков при отсутствии в штате последних, при этом в технологическом процессе такие монтеры пути не принимают участие. На рис. 6 показан анализ различий между

средним разрядом работ и средним разрядом по видам работ.

Анализ по среднему разряду монтеров пути в системах ЕК АСУТР и ЕК АСУИ показал значительные различия в разрядах работников, что говорит о том, что при интеграции данных из основной системы по учету движения контингента монтеров пути «теряется» часть информации о фактическом разряде монтеров пути. Данное обстоятельство значительно влияет и на планирование путевых работ, так как недостаточность информации о среднем разряде монтеров пути снижает вероятность качественного производства технологических процессов, может привести к задержке «технологических» окон для выполнения путевых работ, что негативно может сказаться на скорости движения подвижного состава (рис. 7).

На основании анализа можно сказать, что различие в информации о среднем разряде монтеров пути в разных автоматизированных системах управления приводит к повышению

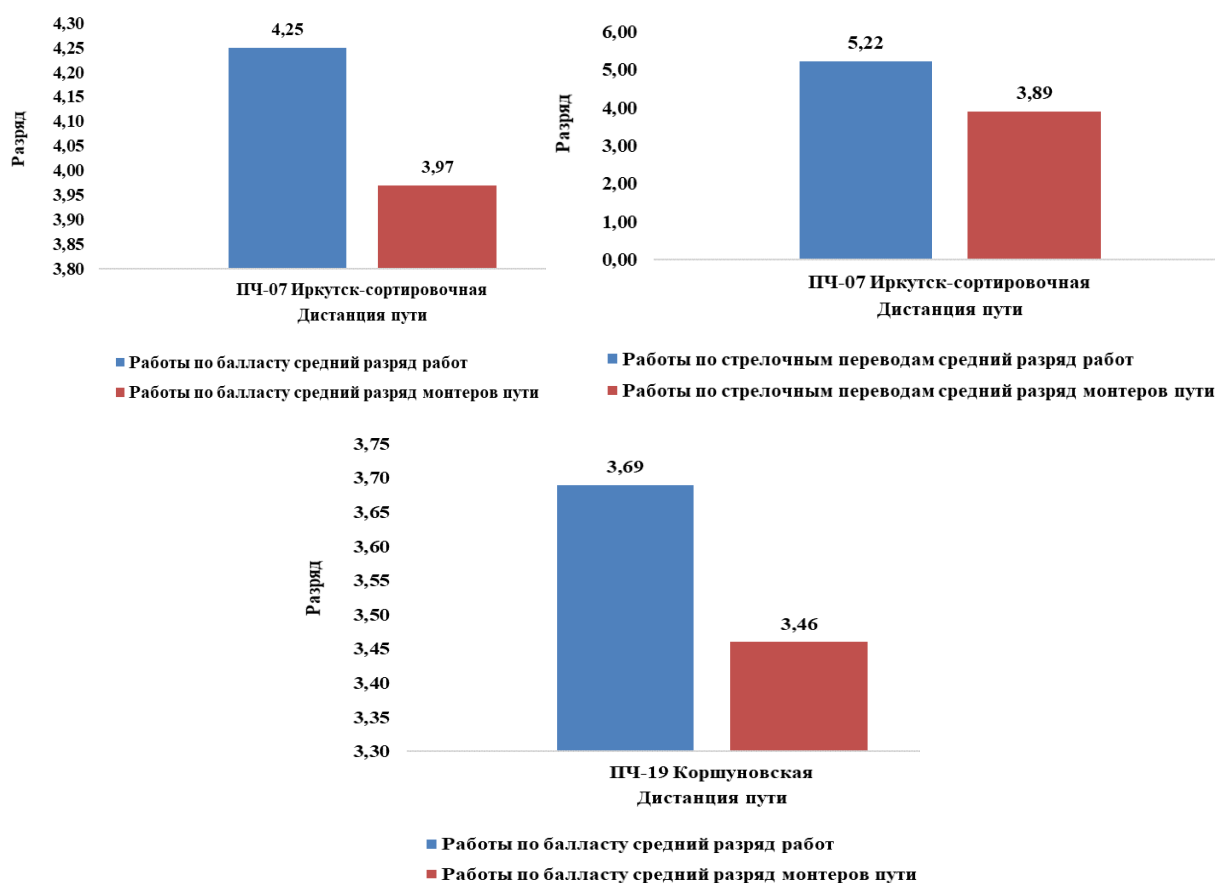
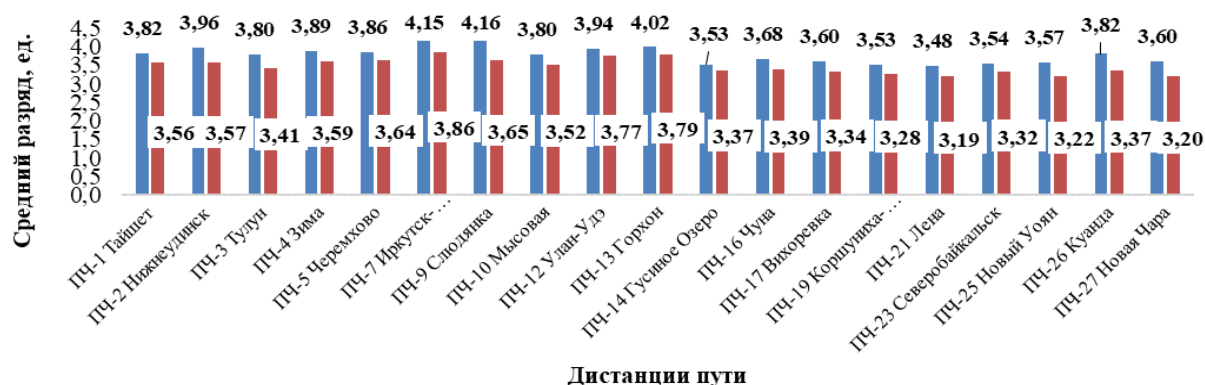


Рис. 6. Анализ среднего разряда работ и среднего разряда работников по некоторым дистанциям пути Восточно-Сибирской дирекции инфраструктуры

Fig. 6. Analysis of the average grade of work and the average grade of workers for some track distances of the East Siberian Infrastructure Directorate



■ Средний разряд монтеров пути ЕК АСУТ ■ Средний разряд монтеров пути ЕК АСУИ

Рис. 7. Анализ среднего разряда монтеров пути в системах управления инфраструктурой и трудовыми ресурсами за 2023 г.

Fig. 7. Analysis of the average grade of track fitters in the infrastructure and human resource management systems for 2023

трудозатрат специалистов дистанций пути на ручной анализ фактической численности монтеров пути, которые могли бы выполнять как запланированные, так и внеочередные работы по текущему содержанию пути. Также затруднено планирование путевых работ на годовой период из-за отсутствия в системах прогнозной аналитики, расчета текучести кадров, полной классификации причин снижения численности монтеров пути, мотивации данной категории работников и т.п.

Предложения по результатам исследования

В настоящее время предиктивной аналитике больше уделяется внимания с точки зрения объектов инфраструктуры, их технического состояния и внедрения данной цифровой технологии в информационные системы управления [12–14]. Но назрела необходимость внедрения предиктивной аналитики, машинного обучения, построения нейросетей и в системах, в которых производят планирование и организацию работ по текущему содержанию пути на основании прогнозов о движении основного контингента работников, на которых держится не только путевое хозяйство, но и весь перевозочный процесс – это монтеры пути.

Как уже говорилось, предиктивная аналитика – это анализ данных об объектах на основе математических моделей, который позволяет моделировать будущее поведение объектов с целью принятия решения, помогает выявить потенциальные риски в части планирова-

ния движения контингента в будущем. Прогнозная аналитика позволит провести качественные изменения в холдинге, программах и методах мотивации, обучении и развитии монтеров пути [15–17].

По результатам исследований и по аналогии с моделями предиктивной аналитики объектов инфраструктуры в корпоративных автоматизированных системах управления предлагается блок-схема внедрения данной цифровой технологии для планирования контингента монтеров пути, при этом необходимо включение математических моделей и методов классификации, кластерного анализа и прогноза движения контингента (рис. 8).

Предиктивная аналитика для планирования контингента монтеров пути должна соответствовать требованиям:

- подключение к базовому набору данных – объемы выполненных путевых работ, численность монтеров пути, перемещения рабочих, разряды работ и работников, обучение и т.п.;
- автоматизированная и автоматическая очистка, преобразование, комбинирование данных и моделирование;
- устранение выбросов и пропусков в данных с помощью методов статистической обработки и анализа данных;
- построение моделей машинного обучения для различных наборов показателей, в том числе расчета коэффициента текучести кадров при различных условиях в классификаторе причин увольнения;
- применение различных методов и ал-

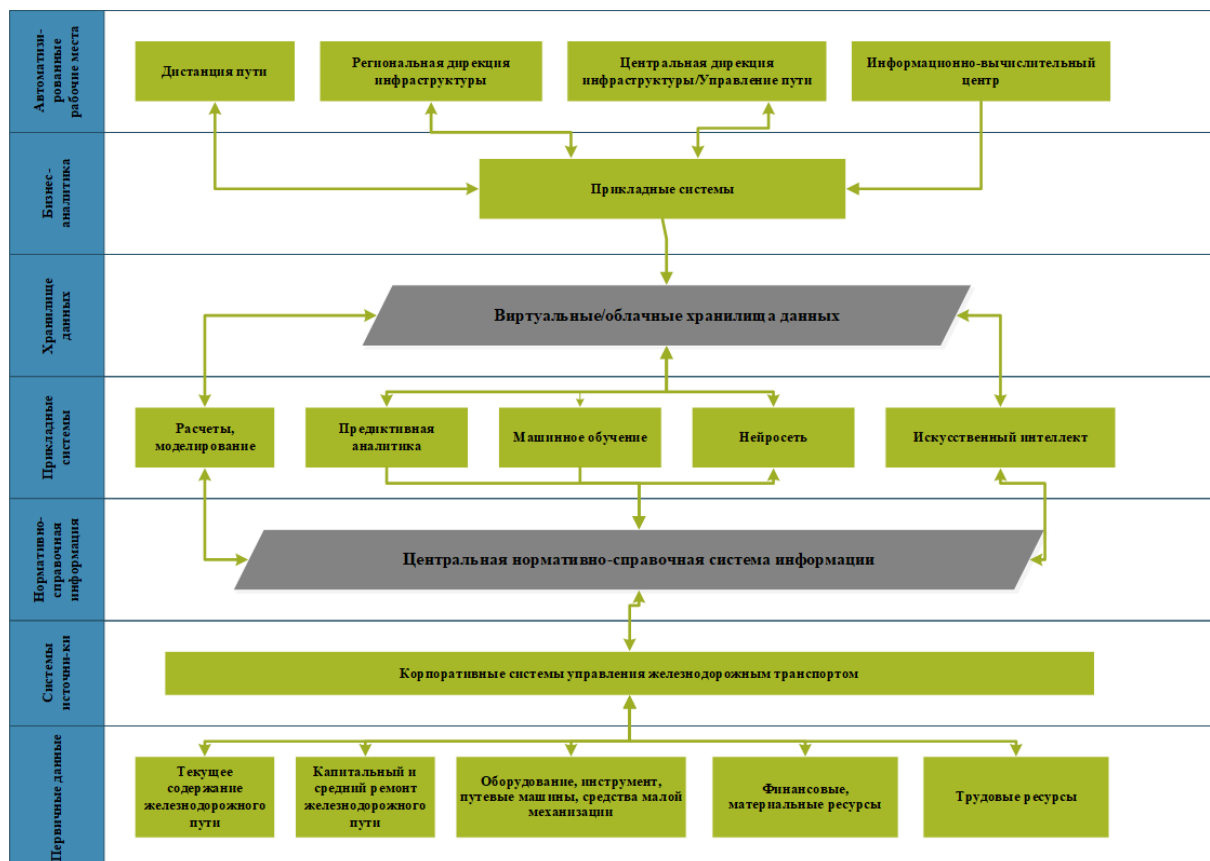


Рис. 8. Блок-схема предиктивной аналитики для автоматизированных систем управления персоналом

Fig. 8. Predictive analytics flowchart for automated personnel management systems

горитмов кластерного анализа данных о контингенте, методов мотивации монтеров пути;

– применение метрик проверки качества разработанных алгоритмов при планировании работ по текущему содержанию пути с соответствием среднего разряда работ среднему разряду работников;

– построение прогнозных моделей и моделей поддержки принятия решений по разработанным моделям машинного обучения, включая: создание прогнозных моделей объемов работ, текучести кадров, численности, разрядности рабочих; создание алгоритмов интерпретации полученных результатов для построения выводов; разработку методов автоматического формирования списков рекомендаций в рамках движения контингента и повышения качества путевых работ [18].

Заключение

Таким образом, внедрение в корпоративные автоматизированные системы управления цифровых технологий – предиктивной аналитики, машинного обучения, искусственного интеллекта, облачного хранения – позволит улучшить состояние по принятию управленческих решений по контингенту дистанций пути, повысит качество выполнения технологических процессов, позволит разработать новые методы мотивации работников, в том числе по повышению квалификации основных рабочих, более эффективно планировать и организовывать работы по текущему содержанию пути, особенно в условиях высокой грузонапряженности, увеличения скорости движения подвижного состава, сокращения межинтервальных перерывов между поездами.

Список литературы

1. Послание Президента РФ Федеральному Собранию от 29.02.2024 б/н. Доступ из справ.-прав. системы КонсультантПлюс в локал. сети.
2. Об утверждении правил назначения ремонтов железнодорожного пути : распоряжение ОАО «РЖД» № 2888/р от 17.12.2021 (ред. 14.12.2023). Доступ из справ.-правовой системы АСПИЖТ в локал. сети.

3. Об утверждении положения об организации комплексного обслуживания объектов инфраструктуры хозяйства пути и сооружений : распоряжение ОАО «РЖД» от 29.11.2019 № 2675/р (ред. 13.12.2023). Доступ из справ.-правовой системы АСПИЖТ в локал. сети.
4. Коваленко Н.И., Аноховская И.В., Суворова Д.Р. Планирование работ путевого хозяйства ОАО «РЖД» с использованием системы ЕК АСУИ // Научный журнал. 2020. № 1 (46). С. 5–9.
5. Ремонт не мешает пропуску // Гудок : сайт. URL : <https://gudok.ru/newspaper/?ID=1657053> (Дата обращения 21.05.2024).
6. Криворотов А.А., Григорьева Н.Н. Инфраструктура Восточного полигона: реальность и перспективы // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. 2022. Т. 1. С. 330–334.
7. Об утверждении нормативов численности работников, занятых на ремонте железнодорожного пути : распоряжение ОАО «РЖД» от 18.04.2022 г. № 1055/р. Доступ из справ.-правовой системы АСПИЖТ в локал. сети.
8. Севостьянов А.А. Планирование и организация работ по содержанию геометрии рельсовой колеи в зимний период эксплуатации // Фундаментальные и прикладные вопросы транспорта. 2022. № 4 (7). С. 95–102.
9. Об утверждении и введении в действие инструкции по текущему содержанию железнодорожного пути : распоряжение ОАО «РЖД» от 14.11.2016 № 2288р (ред. 13.12.2023). Доступ из справ.-правовой системы АСПИЖТ в локал. сети.
10. Об утверждении методики анализа и учета непроизводительных и сверхнормативных затрат рабочего (и связанного с работой) времени работников ведущих профессий (должностей) и основных производственных групп функциональных филиалов ОАО «РЖД» : распоряжение ОАО «РЖД» от 29.12.2021 № 3053/р. Доступ из справ.-правовой системы АСПИЖТ в локал. сети.
11. Дорогань И.А. Влияние организационно-технологической сложности на сроки выполнения работ // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. № 10. С. 1331–1340.
12. Ларченко Ю.Г., Котляров В.П. Построение уравнения предиктивной аналитики производительности труда промышленного предприятия // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре гос. техн. ун-та. 2022. № 7 (63). С. 69–76.
13. Бурнаев Е.В. Алгоритмические основы предиктивной аналитики в задачах индустриального проектирования // Информационные процессы. 2019. Т. 19. № 3. С. 271–283.
14. Тимофеев Е.Н., Севостьянов А.А. Перспективы цифровой трансформации путевого хозяйства // Наука и молодежь XXI века : материалы регионального форума. Новосибирск, 2022. Ч. 1. С. 143–147.
15. Ведение рельсового хозяйства на основе предиктивных методов / В.М. Ермаков, С.А. Васильева, О.А. Янович и др. // Путь и путевое хозяйство. 2022. № 12. С. 2–7.
16. Беннетт Р. Коэффициенты расчета текучести кадров // KPILIB : сайт. URL : <https://www.kpilib.ru/article.php?page=410> (Дата обращения 22.05.2024).
17. Волкова Т.П. Текучесть кадров как проблема кадрового риска в ОАО «РЖД» // Транспорт: логистика, строительство, эксплуатация, управление : сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф. Екатеринбург, 2023. Вып. 7 (255). С. 259–262.
18. Чуланова О.Л. Возможности применения дескриптивной, прогнозной, предиктивной и прескриптивной HR-аналитики как цифровых трендов // Материалы Афанасьевских чтений. 2020. № 1 (30). С. 40–49.

References

1. Poslanie Prezidenta Rossijski Federatsii Federal'nomu sobraniyu ot 29.02.2024 [Message of the President of the Russian Federation to the Federal Assembly dated February 29, 2024].
2. Rasporyazhenie ОАО «RZhD» № 2888/r ot 17.12.2021 «Ob utverzhenii pravil naznacheniya remontov zheleznodorozhnogo puti» (red. 14.12.2023) [Order of JSC «Russian Railways» no. 2888/r dated December 17, 2021 «On approval of the rules for the appointment of railway track repairs» (ed. December 14, 2023)].
3. Rasporyazhenie ОАО «RZhD» ot 29.11.2019 № 2675/r «Ob utverzhenii polozheniya ob organizatsii kompleksnogo ob-sluzhivaniya ob'ektov infrastruktury khozyaistva puti i sooruzhenii» (red. 13.12.2023) [Order of JSC «Russian Railways» dated November 29, 2019 no. 2675/r «On approval of the regulations on the organization of comprehensive maintenance of infrastructure facilities of the track and structures» (ed. December 13, 2023)].
4. Kovalenko N.I., Anokhovskaya I.V., Suvorova D.R. Planirovanie rabot putevogo khozyaistva ОАО «RZhD» s ispol'zovaniem sistemy EK ASUI [Planning of track facilities of JSC «Russian Railways» using the unified corporate automated infrastructure management system]. *Nauchnyi zhurnal* [Scientific Journal], 2020, no. 1 (46), pp. 5–9.
5. Remont ne meshaet propusku (elektronnyi resurs) [Repairs do not interfere with access (electronic resource)]. Available at: <https://gudok.ru/newspaper/?ID=1657053> (Accessed May 21, 2024).
6. Krivorotov A.A., Grigor'eva N.N. Infrastruktura Vostochnogo poligona: real'nost' i perspektivy [Infrastructure of the Eastern polygon: reality and prospects]. *Nauchno-tekhnicheskoe i ekonomicheskoe sotrudnichestvo stran ATR v XXI veke* [Scientific, technical and economic cooperation of the Asia-Pacific region countries in the XXI century], 2022, vol. 1, pp. 330–334.
7. Rasporyazhenie ОАО «RZhD» ot 18.04.2022 g. № 1055/r «Ob utverzhenii normativov chislennosti rabotnikov, zanyatykh na remonte zheleznodorozhnogo puti» [Order of JSC «Russian Railways» no. 1055/r dated April 18, 2022 «On approval of the standards for the number of employees employed in the repair of railway tracks»].
8. Sevost'yanov A.A. Planirovanie i organizatsiya rabot po soderzhaniyu geometrii rel'sovoi kolei v zimnii period ekspluatatsii [Planning and organization of works on maintenance of rail track geometry in winter period of operation]. *Fundamental'nye i prikladnye voprosy transporta* [Fundamental and Applied Problems of Transport], 2022, no. 4 (7), pp. 95–102.
9. Rasporyazhenie ОАО «RZhD» ot 14.11.2016 g. № 2288r (red. 13.12.2023) «Ob utverzhenii i vvedenii v deistvie instruksii po tekushchemu soderzhaniyu zheleznodorozhnogo puti» [Order of JSC «Russian Railways» dated November 14, 2016 No 2288r «On the approval and implementation of the instructions for the current maintenance of the railway track» (ed.

December 13, 2023)].

10. Rasporyazhenie OAO «RZhD» ot 29.12.2021 № 3053/r «Ob utverzhdenii metodiki analiza i ucheta neproizvoditel'nykh i sverkhnormativnykh zatrat rabocheho (i svyazannogo s rabotoi) vremeni rabotnikov vedushchikh professii (dolzhnostei) i osnovnykh proizvodstvennykh grupp funktsional'nykh filialov OAO «RZhD» [Order of JSC «Russian Railways» dated December 29, 2021 no. 3053/r «On approval of the methodology for analyzing and accounting for unproductive and excess costs of working (and work-related) time of employees of leading professions (positions) and Main production groups of functional branches of JSC «Russian Railways»].

11. Dorogan' I.A. [The impact of organizational and technological complexity on the timing of work]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo stroitel'nogo universiteta* [Bulletin of the Moscow State University of Civil Engineering], 2019, vol. 14, no. 10, pp. 1331–1340.

12. Larchenko Yu.G., Kotlyarov V.P. Postroenie uravneniya prediktivnoi analitiki proizvoditel'nosti truda promyshlennogo predpriyatiya [Construction of the equation of predictive analytics of labor productivity of an industrial enterprise]. *Uchenye zapiski Komsomol'skogo-na-Amure gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Scientific notes of Komsomolsk-on-Amur State Technical University], 2022, no. 7 (63), pp. 69–76.

13. Burnaev E.V. Algoritmicheskie osnovy prediktivnoi analitiki v zadachakh industrial'nogo proektirovaniya [Algorithmic foundations of predictive analytics in industrial design tasks]. *Informatsionnye protsessy* [Information processes], 2019, vol. 19, no. 3, pp. 271–283.

14. Timofeev E.N., Sevost'yanov A.A. Perspektivy tsifrovoi transformatsii putevogo khozyaistva [Prospects for digital transformation of the track economy]. *Materialy regional'nogo foruma «Nauka i molodezh' XXI veka»* [Materials of the regional forum «Science and youth of the XXI century»]. Novosibirsk, 2022, part 1, pp. 143–147.

15. Ermakov V.M., Vasil'eva S.A., Yanovich O.A., Egorov M.A. Vedenie rel'sovogo khozyaistva na osnove prediktivnykh metodov [Maintaining a track facilities based on predictive methods]. *Put' i putevoe khozyaistvo* [Track and track facilities], 2022, no. 12, pp. 2–7.

16. Bennett R. Koeffitsienty rascheta tekuchesti kadrov (elektronnyi resurs) [Coefficients for calculating staff turnover (electronic resource)]. Available at: <https://www.kpilib.ru/article.php?page=410> (Accessed May 22, 2024).

17. Volkova T.P. Tekuchest' kadrov kak problema kadrovogo riska v OAO «RZhD» [Staff turnover as a problem of personnel risk in JSC «Russian Railways»]. *Sbornik trudov Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Transport: logistika, stroitel'stvo, ekspluatatsiya, upravlenie»* [Proceedings of the International Scientific and Practical Conference «Transport: logistics, construction, operation, management»]. Ekaterinburg, 2023, iss. 7 (255), pp. 259–262.

18. Chulanova O.L. Vozможности primeneniya deskriptivnoi, prognoznoi, prediktivnoi i preskriptivnoi HR-analitiki kak tsifrovyykh trendov [The possibilities of using descriptive, predictive, predictive and prescriptive HR analytics as digital trends]. *Materialy Afanas'evskikh chtenii* [Materials of Afanas'ev readings], 2020, no. 1 (30), pp. 40–49.

Информация об авторах

Асалханова Татьяна Николаевна, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры пути и путевого хозяйства, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск; e-mail: asalk-tatyana@yandex.ru.

Осколков Андрей Александрович, аспирант кафедры пути и путевого хозяйства, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск; e-mail: di_oskolkovaa@esrr.ru.

Information about the authors

Tat'yana N. Asalkhanova, Ph.D. in Economic Science, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Track and Track Facilities, Irkutsk State Transport University, Irkutsk; e-mail: asalk-tatyana@yandex.ru.

Andrei A. Oskolkov, Ph.D. Student of the Department of Track and Track Facilities, Irkutsk State Transport University, Irkutsk; e-mail: di_oskolkovaa@esrr.ru.