

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ПОДХОДЫ И ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ИНДЕКСОВ В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ СЕКТОРЕ

Егор Александрович ШИТОВ^{1,2}, аспирант

¹Заместитель исполнительного директора ЦК НТИ «Центр хранения и анализа больших данных», 119991, Российская Федерация, Москва, Ломоносовский проспект, МГУ, д. 27, корп.1, E801-E804

²Кафедра экономики, управления и предпринимательства
Автономная некоммерческая организация высшего образования «Международный
банковский институт имени Анатолия Собчака»
191023, Невский пр., 60, Санкт-Петербург, Россия. Т.: +7(812) 571-65-55, ibispb@ibispb.ru

Аннотация

В данной статье рассматриваются научные публикации по тематике оценки уровня развития железнодорожной отрасли, из которых выделяются ключевые подходы для формирования интегральных индексов в транспортном секторе в целом и железнодорожном секторе в частности. Автором были проанализированы такие интегральные индексы, как: Индикаторы для бенчмаркинга и мониторинга транспортной инфраструктуры (Швеция), Индекс надежности железнодорожной инфраструктуры и подвижного состава (Норвегия), Индекс оценки уровня безопасности метрополитена (Китай). Сведения, отражающие алгоритм проведения соответствующих оценок, включая методы присвоения весовых коэффициентов и методы агрегирования. Результатом исследования является таблица сводного анализа рассмотренных методов оценки. Автором была дана оценка перспективности применения интегральных индексов для анализа уровня инновационного развития железнодорожной инфраструктуры.

Ключевые слова

Интегральные индексы, железнодорожный сектор, инновационное развитие.

RESEARCH APPROACHES AND PRINCIPLES OF INTEGRAL INDEX FORMATION IN THE RAILWAY SECTOR

Egor A. SHITOV^{1,2}, postgraduate student

¹Deputy Executive Director of Big Data Storage and Analytics Center at the Lomonosov Moscow State University Center for Digital Economy
119991, Russian Federation, Moscow, Lomonosovsky prospect, Moscow State University, 27, building 1, E801-E804

²Department of Economics, Management and Entrepreneurship

Autonomous non-profit organization of higher education «International Banking Institute
named after Anatoly Sobchak»
191023, Nevsky pr., 60, St. Petersburg, Russia. T.: +7(812) 571-65-55, ibispb@ibispb.ru

Abstract

This article discusses scientific publications on the topic of assessing the level of development of the railway industry, from which the key approaches for the formation of integral indices in the transport sector in general and the railway in particular are highlighted. The author analyzed such integral indices as: Indicators for benchmarking and monitoring of transport infrastructure (Sweden), Index of reliability of railway infrastructure and rolling stock (Norway), Index of metro safety assessment (China). Details were provided to show how the respective estimates were made, including weighting methods and aggregation methods. The result of the study is a summary analysis of the considered evaluation methods. The author gave an assessment of the prospects of using integral indices to analyze the level of innovative development of the railway infrastructure.

Keywords

Integral indices, railway sector, innovative development.

На современном этапе социального и экономического развития ключевая роль в повышении общественного благосостояния, качества жизни населения и обеспечении устойчивого роста экономики отводится инновационным технологиям. На уровне отдельных стран, интеграционных объединений и международных организаций разрабатываются и реализуются стратегии инновационно-технологической трансформации ключевых отраслей экономики и направлений социального развития [1].

С учетом растущей конкуренции в транспортном секторе при проведении инновационной политики государственным органам и руководству компании важно иметь возможность оценить, насколько уровень инновационного и технологического развития отвечает современным трендам, насколько компания опережает или отстает от основных компаний-аналогов, что определяет необходимость формирования качественной системы оценки [2]. Данная система должна позволить проводить сопоставительную оценку не только с другими компаниями сектора, но и с компаниями, оказывающими транспортные услуги с применением иных категорий транспорта. Одним из основных инструментов, позволяющих проводить оценку уровня инновационного развития с учетом многомерных показателей и параметров, является интегральный индекс [3]. Однако индексы, активно используемые в мировой практике для оценки уровня развития транспортного сектора и инноваций, как правило, не являются достаточными для проведения полноценного анализа уровня развития транспортных компаний.

Данный подход к оценке проводимых мер по увеличению инновационно-технологического потенциала компаний является новым и обладает особой актуальностью. Помимо решения исследовательских задач, интегральные индексы железных дорог позволяют достигать практических целей. Информация, полученная в ходе анализа и оценки уровня инновационного развития железнодорожных компаний, может служить основой для построения государственной стратегии в данном секторе, а также при планировании инвестиций. Для частных компаний индексы могут применяться при проведении аналитики рынка.

Методы исследования. Исследование, результаты которого будут раскрыты далее, было проведено с применением нескольких методов. Вначале на основе анализа научной литературы была выделена теоретическая база исследования (общее количество источников – 16). После были приведены сведения, которые отражают принципы расчета индексов для определения общего и инновационного развития транспортных компаний. Также была проведена оценка перспективности применения данных инструментов для исследования уровня инновационной деятельности в железнодорожном секторе.

Обзор литературы. В целях выявления наиболее широкого спектра практик формирования интегральных индексов, включая направления оценки и применяемые показатели, автором был проведен обзор научных публикаций по тематике оценки уровня развития железнодорожной отрасли [4]. Подбор релевантных научных статей и публикаций был произведен при помощи библиографических и реферативных баз данных Scopus, Web of Science и eLibrary. Для целей анализа были отобраны следующие статьи, представленные в табл. 1.

Таблица 1. Перечень научных статей и публикаций на тему использования интегральных индексов для оценки общего и инновационного развития транспортных компаний

№	Наименование статьи	Авторы	Организация	Год публикации	Количество цитирований
1	Разработка индекса для сравнительного анализа и мониторинга состояния железнодорожной инфраструктуры (Development of an integrity index for benchmarking and monitoring rail infrastructure: Application of composite indicators) [5]	Christer Stenström, Parida Aditya, Jan Lundberg, Uday Kumar	Технологический университет Лулео (Швеция)	2015	6

№	Наименование статьи	Авторы	Организация	Год публикации	Количество цитирований
2	Разработка общего индекса надежности железнодорожной инфраструктуры и подвижного состава с использованием практического примера (Overall reliability index development for railway infrastructure and rolling stock with case study) [6]	F. Q. Yuan	Университет Тромсе (Норвегия)	2016	н/д
3	Оценка безопасности эксплуатации городского железнодорожного транспорта на основе усовершенствованного метода CRITIC и облачной модели (Urban rail transit operation safety evaluation based on an improved CRITIC method and cloud model) [7]	Hua-Wen Wu, Jin Zhen, Jing Zhang	Пекинский транспортный университет, Группа компаний Китайский научно-исследовательский институт железных дорог, Академия наук Китая	2020	3
4	Экономическая оценка инновационной деятельности на российских железных дорогах [8]	Дворникова Ю.В.	Самарская государственная академия путей сообщения	2006	10

Результаты исследования. В представленных в таблице выше научно-исследовательских работах выделяются следующие индексы:

1. Индикаторы для бенчмаркинга и мониторинга транспортной инфраструктуры;
2. Индекс надежности железнодорожной инфраструктуры и подвижного состава;
3. Индекс оценки уровня безопасности метрополитена.

Кроме того, дополнительно был рассмотрен механизм проведения экономической деятельности железных дорог. В рамках данного механизма не использовалась методика на основе интегрального индекса, тем не менее ряд параметров оценки может представлять интерес в контексте построения интегральных индексов.

1) Индикаторы для бенчмаркинга и мониторинга транспортной инфраструктуры

Данный набор индикаторов разработан научной группой Технологического университета Лулео (Швеция) [5] при поддержке

Исследовательского центра железных дорог Лулео (JVTC) и Транспортной администрации Швеции. Целью разработки было объединение существующих способов оценки качества транспортной инфраструктуры для упрощения проведения сравнений и принятия управленческих решений. Индикаторы направлены на измерение общей производительности железных дорог и выявление участков с низкой или высокой производительностью. Основные индикаторы представлены в табл. 2.

Таблица 2. Индикаторы с удельными весами для бенчмаркинга и мониторинга транспортной инфраструктуры [5]

Индикатор	Вес на основе равного взвешивания	Вес с использованием корреляционной матрицы	Вес, определенный на основе экспертных оценок	Вес в результате оптимизации составного индикатора
Среднее ремонтное время (время, в течение которого выполняются действия по ремонту элемента)	0,25	0,33	0,25	0,25
Среднее логистическое время (время в пути, исключая любые административные задержки)	0,25	0,33	0,25	0,25
Задержки, связанные с рельсовой инфраструктурой	0,125	0,08	0,03	0
Задержки, связанные с работой стрелок	0,125	0,08	0,03	0
Отмены, связанные с рельсовой инфраструктурой	0,125	0,08	0,22	0,25
Отмены, связанные с работой стрелок	0,125	0,08	0,22	0,25

При построении данного индекса в качестве метода нормирования используется метод минимума-максимума. Для агрегирования – метод аддитивного агрегирования. Для определения весовых коэффициентов исследователи использовали несколько методических подходов, представленных ниже.

Присвоение равных весов: каждый показатель получает равную степень значимости по отношению к остальным показателям.

Корреляционный анализ: корреляционный анализ используется для выявления переменных с высоким значением взаимной корреляции, чтобы избежать двойного учета. Исследователи использовали коэффициент корреляции Спирмена и выявили наличие положительной корреляции между

показателями отмены и задержки поездов, что определило необходимость либо отбросить одну из переменных, либо присвоить данным переменным равные весовые коэффициенты [9].

Факторный анализ: целями факторного анализа являются уменьшение числа переменных и определение структуры взаимосвязей между ними. В результате определяется степень влияния отдельных показателей на изучаемую характеристику и на основе полученных данных присваиваются веса. В проведенном исследовании результаты факторного анализа получились аналогичными результатам корреляционного анализа, поэтому дополнительно они не выделяются.

Присвоение весов на основе экспертных оценок: данный метод является качественным и нестатистическим. Группа экспертов оценивает индикаторы и на основании собственного опыта присваивает им веса. В рассматриваемом случае группа экспертов состояла из четырех исследователей, чей опыт в конкретных железнодорожных проектах составляет два, четыре, шесть и десять лет. Было проведено попарное сравнение индикаторов, в результате которого эксперты согласованно определили удельные веса для каждого индикатора [10].

Оптимизация составного индикатора: на основе данных, полученных при использовании остальных методов, была проведена экспертная оценка и корректировка полученных весов. Так как, согласно данным корреляционного анализа, задержки и сбои сильно коррелируют между собой, а, согласно экспертным данным, индикатор сбоев движения характеризуется меньшей значимостью, было принято решение, что данный показатель можно исключить и сбалансировать веса без его учета.

2) Индекс надежности железнодорожной инфраструктуры и подвижного состава

Данный индекс разработан научным коллективом Департамента инженерии и безопасности Университета Тромсе (Норвегия) для отображения уровня работоспособности железнодорожной инфраструктуры и подвижного состава. Создатели индекса отмечают системную сложность анализа данных элементов. Железнодорожная инфраструктура включает в себя взаимосвязанные подсистемы: рельсовый путь, систему электроснабжения, системы сигнализации и телекоммуникаций. Подвижной состав также представляет собой комплексную систему, основой которой является локомотив, оснащенный электродизельным двигателем, специализированными системами связи и управления. Многофакторность объектов исследования усложняет измерение ключевых характеристик. Представленный индекс позволяет объединить

основные параметры инфраструктуры и подвижного состава и оптимизировать оценку. Компоненты индекса подробнее представлены на рис. 1.

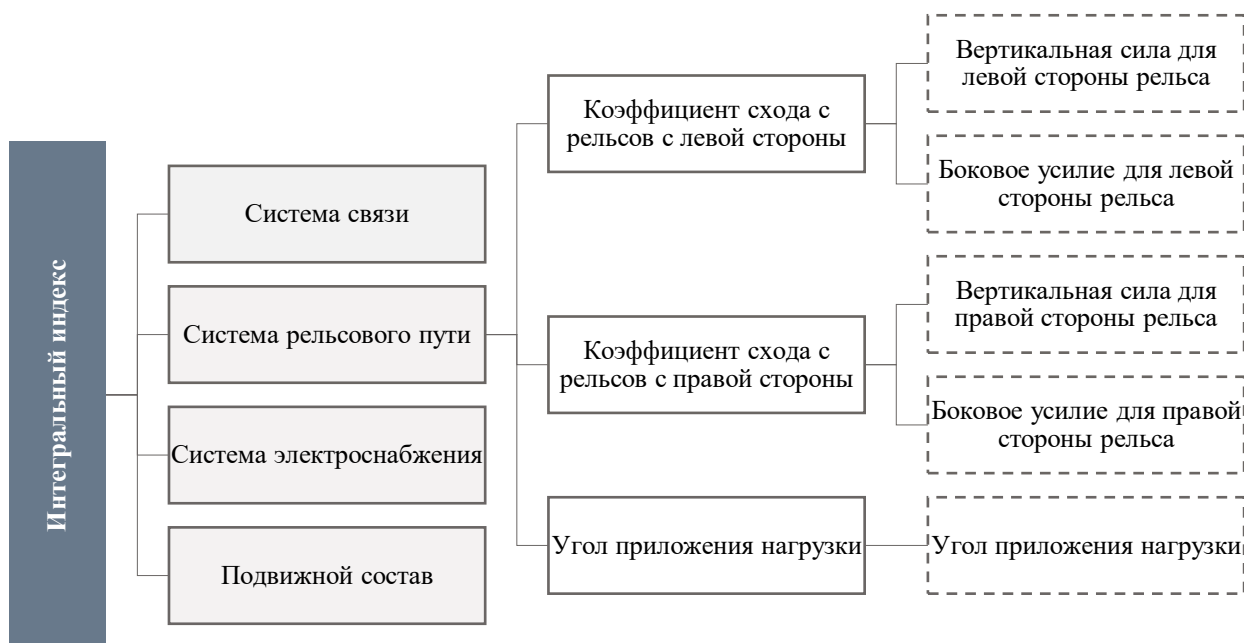


Рис. 1. Компоненты интегрального индекса надежности транспортной инфраструктуры и подвижного состава [11]

3) Индекс оценки уровня безопасности метрополитена

Индекс оценки уровня безопасности метрополитена (safety evaluation index system) был разработан группой исследователей из Пекинского транспортного университета (Beijing Jiaotong University), группы компаний Китайский научно-исследовательский институт железных дорог (China Railway Research Institute Group Co) и Китайской академии наук (Chinese Academy of Sciences) с целью оценки эксплуатационной безопасности станций и линий метро.

Для разработки индекса применялась облачная теория (Cloud model theory). Разработка индекса предполагала шесть основных шагов.

1. Определение набора факторов. Была установлена система оценки безопасности эксплуатации городского железнодорожного транспорта, состоящая из двух субиндексов: оценивающих уровень безопасности на станции и на линии, соответственно [11]. Система индексов для оценки безопасности эксплуатации станции состоит из четырех индикаторов и 17 показателей. Система индексов для оценки безопасности эксплуатации линии состоит из пяти индикаторов и 16 показателей.

2. Определение шкалы оценок

3. Определение набора оценок и облака оценок. Набор оценок формируется на основе характеристик качественных замечаний в фактической схеме оценки. Если в фактической схеме оценки используются различные оценки качественного характера, то набор оценки V может быть сформулирован следующим образом:

$$V = \{V_1, V_2, \dots, V_g\},$$

где V_g соответствует g различных классов качественных комментариев.

На основе метода форвардной генерации облаков была создана нормированная карта облаков оценки, и, таким образом, нечеткие качественные оценки были преобразованы в конкретную шкалу.

4. Определение удельных весов. Определение весов основано на усовершенствованной методике CRITIC. Были вычислены веса индикаторов $(\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4)$ и показателей $(\omega'_{11}, \omega'_{12}, \dots, \omega'_{45})$, полученные данные можно представить в следующем виде:

$$\begin{aligned} \omega_1 &= \omega_{11} + \omega_{12} + \omega_{13} + \omega_{14} \\ \omega_2 &= \omega_{21} + \omega_{22} + \omega_{23} + \omega_{24} \\ \omega_3 &= \omega_{31} + \omega_{32} + \omega_{33} + \omega_{34} \\ \omega_4 &= \omega_{41} + \omega_{42} + \omega_{43} + \omega_{44} + \omega_{45} \\ \omega'_{11} &= \frac{\omega_{11}}{\omega_1}, \omega'_{12} = \frac{\omega_{12}}{\omega_1}, \dots, \omega'_{45} = \frac{\omega_{45}}{\omega_4} \\ W &= \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_4\} = \{\omega'_{11}, \omega'_{12}, \dots, \omega'_{45}\} \end{aligned}$$

5. Определение облака результатов оценки. Актуальные облака характеристик рассчитываются на основе данных актуальной шкалы. Для создания соответствующей матрицы параметров облака для набора индексов (Z) используется метод обратной генерации облаков.

$$Z = \begin{Bmatrix} c_{11} \\ c_{12} \\ \vdots \\ c_{45} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} E_{x11}, & E_{n11}, & H_{e11} \\ E_{x12}, & E_{n12}, & H_{e12} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ E_{x45}, & E_{n45}, & H_{e45} \end{Bmatrix}$$

На основе полученного весового значения W и матрицы параметров облачного индекса Z облачная модель для оценки безопасности перевозок городскими железными дорогами может быть выражена следующим образом:

$$C = W * Z$$

Процесс расчета предполагает совмещение облачных и классических параметров, для чего каждый облачный параметр рассчитывается в соответствии с правилами расчета облачной теории и теории нечеткости (fuzzy theory):

$$E_x = \sum E_{x_i} w_i$$

$$E_n = \sqrt{\sum (E_{n_i}^2 w_i)}$$

$$H_e = \sum H_{e_i} w_i$$

На основе этого можно получить облако оценки каждого индекса и облако всесторонней оценки общей безопасности транзитных перевозок городскими железными дорогами.

б. Сравнение и оценка результатов. Форвардный генератор облаков используется для создания нормального облака, которое затем сравнивается с оценочной картой облаков. Согласно диапазону облачных карт и морфологии нормального облака на карте облака оценки, соответствующие результаты оценки могут быть обобщены. Альтернативный способ заключается в том, чтобы создать нормальное облако, а затем сравнить и оценить его на карте облака оценки. Основные компоненты расчета индекса представлены в табл. 3.

Таблица 3. Компоненты интегрального индекса оценки безопасности станций метрополитена [11]

Субиндекс	Индикатор	Вес	Показатель	Вес
Безопасность эксплуатации станции	Движение поездов на станции	0,237	Время опозданий поездов	0,052
			Задержки поездов	0,051
			Полная загрузка всего состава на станции	0,058
			Удовлетворенность пользователей железнодорожным обслуживанием	0,076
	Пассажировместимость вокзала	0,245	Пропускная способность входов	0,060
			Уровень использования предоплаченных билетов	0,071
			Частота отказов платформенных раздвижных дверей	0,061
			Плотность пассажиров на платформе	0,053
	Состояние окружающей среды станции	0,222	Коэффициент разницы температур	0,046
			Массовая концентрация CO ₂	0,062
			Массовая концентрация кислорода	0,051

Субиндекс	Индикатор	Вес	Показатель	Вес
	Сервисное обслуживание станции	0,296	Коэффициент разницы уровня влажности	0,063
			Коэффициент отказа осветительного оборудования	0,045
			Коэффициент отказа насосов	0,053
			Коэффициент отказа вентиляторов	0,062
			Коэффициент отказа устройства аварийной сигнализации	0,057
			Частота отказов датчиков	0,079
			Безопасность эксплуатации железнодорожной линии	Работа поезда на линии
Индекс скорости	-			
Сводный индекс движения поездов на станции	-			
Пассажирский транспорт на линии	-	Полная загрузка всего состава		-
		Полная загрузка вагона		-
		Пассажировместимость вагона		-
		Сводный индекс пассажирооборота станции		-
Экология железнодорожной линии	-	Состояние окружающей среды в секции		-
		Сводный индекс состояния окружающей среды на станциях		-
Сервисное обслуживание оборудования на линии	-	Коэффициент отказа вентиляторов на линии		-
		Коэффициент отказа сигнального оборудования		-
		Коэффициент отказа электроснабжения		-
		Сводный индекс обслуживания оборудования станции		-
		Сводный индекс аварийно-спасательных объектов		-
Линейная нагрузка	-	Интенсивность линейной нагрузки		-
		Уровень линейной нагрузки		-

¹ – Удельные веса не определены: авторы в экспериментальном порядке разработали их только для первого субиндекса

Для определения весов показателей используется усовершенствованная методика CRITIC [12], которая состоит из пяти этапов.

1. Построение исходной матрицы оценки. Для построения данной матрицы количество объектов для оценки безопасности эксплуатации городского рельсового транспорта принимается за m , а количество показателей оценки за n , тогда матрицу можно охарактеризовать формулой $X = (x_{ij})_{m \times n}$, где x_{ij} – исходная матрица оценки j -го показателя, i -го объекта.

2. Нормирование исходной матрицы с помощью метода Z-оценки – применения меры относительного разброса наблюдаемого или измеренного значения, которая показывает, сколько стандартных отклонений составляет его разброс относительно среднего значения. Для применения данного этапа осуществляется преобразование согласно формуле:

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{S_j} \quad (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n)$$

где

$$\bar{x}_j = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_{ij}$$

Таким образом, нормированная матрица может быть записана как

$$X^* = (x_{ij}^*)_{m \times n}$$

3. Расчет коэффициентов вариации всех показателей осуществляется согласно формуле:

$$v_j = \frac{S_j}{\bar{x}_j} \quad (j = 1, 2, \dots, n)$$

где v_j – коэффициент вариации j -го показателя.

4. Расчет коэффициентов независимости всех показателей. Коэффициент независимости используется для измерения степени корреляции между оценочными показателями. Сначала разрабатывается коэффициент корреляции между оценочными показателями, а затем производится расчет коэффициентов независимости оценочных показателей в соответствии с коэффициентами корреляции. Используя нормированную матрицу, полученную после шага 2, вычисляется коэффициент корреляции Пирсона между всеми оценочными показателями и получается новая матрица коэффициентов корреляции $R = (r_{kj})_{n \times n}$, где

$$r_{kl} = \frac{\sum_{i=1}^m (x_{ik}^* - \bar{x}_k^*)(x_{il}^* - \bar{x}_l^*)}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (x_{ik}^* - \bar{x}_k^*)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^m (x_{il}^* - \bar{x}_l^*)^2}} \quad (k = 1, 2, \dots, n; l = 1, 2, \dots, k)$$

$$r_{kl} = r_{lk} (k = 1, 2, \dots, n; l = k + 1, \dots, n),$$

где x_{ik} и x_{ij} – нормированные значения k -го и l -го показателей i -го объекта оценки в матрице X^* , соответственно; \bar{x}_k^* и \bar{x}_l^* – средние нормированных значений рейтингов k -го и l -го показателей в матрице X^* .

Согласно матрице R , коэффициент независимости каждого оценочного показателя может быть задан, как

$$\eta_j = \sum_{k=1}^n (1 - r_{kj}) (j = 1, 2, \dots, n)$$

5. Расчет веса каждого показателя. Используя коэффициент вариации показателей и коэффициент независимости, можно подсчитать комплексный коэффициент каждого показателя, обозначаемый как C_j .

$$C_j = v_j \sum_{k=1}^n (1 - r_{kj}) (j = 1, 2, \dots, n)$$

Чем больше значение C_j , тем больший объем информации покрывается j -м показателем, тем больше его удельный вес. Таким образом, определить веса возможно согласно формуле:

$$\omega_j = \frac{C_j}{\sum_{j=1}^n C_j} (j = 1, 2, \dots, n)$$

4) Экономическая оценка инновационной деятельности на железных дорогах.

Выводы. Структура инновационной деятельности на железных дорогах является сложной системой взаимообусловленных и взаимосвязанных по ресурсам, исполнителям и срокам научных, технологических, производственных, коммерческих, организационных и финансовых операций [13]. Специфика отрасли определяет следующие особенности:

- сочетание централизованных и децентрализованных принципов проведения инновационной политики путем распределения финансовых ресурсов между отраслевыми фондами и отдельными железными дорогами;
- возможность быстрой окупаемости средств за счет внедрения инновации во многие предприятия отрасли;
- жесткие стандарты по безопасности движения, определяющие необходимость отбора инноваций, рекомендуемых к внедрению [14].

Оценка влияния внутренних и внешних факторов позволяет составить модель формирования транспортного инновационного процесса.

Инновационный портфель железнодорожных операторов представляет собой комплексно обоснованный перечень готовых к внедрению (приобретенных или разработанных собственными силами) инноваций. В основе формирования портфеля лежит принцип распределения средств инновационного фонда по отраслевым службам [15]. При распределении средств предполагается ориентация на сочетание агрессивной (инновационные продукты, разрабатываемые с целью продажи) и консервативной (разработка инновационных продуктов только для внутреннего использования) политики [16]. Модель формирования инновационного портфеля представлена на рис. 2, где K_{agr} – коэффициент агрессивности инновационной политики, $K_{конс}$ – коэффициент консервативности инновационной политики, $K^{отр}$ – коэффициент финансирования по отраслевому принципу, $K^{рац}$ – коэффициент финансирования рационализаторских предложений.

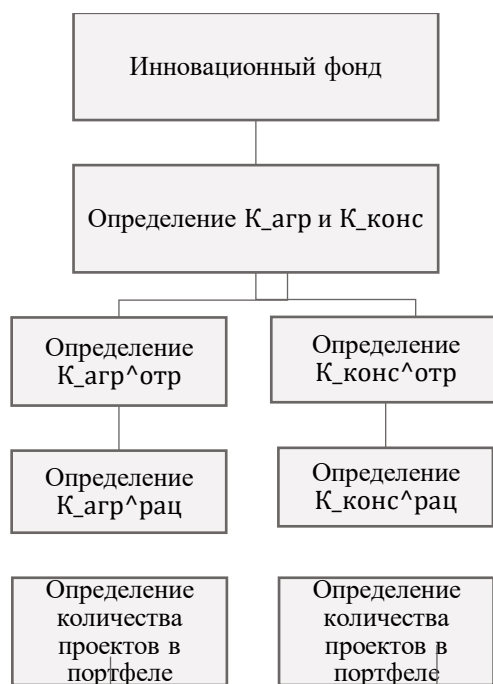


Рис. 2. Модель формирования инновационного портфеля [7]

По результатам анализа научно-исследовательского опыта применения интегральных индексов для оценки уровня развития транспортной отрасли были выявлены ключевые подходы, используемые для формирования таких индексов, представленные в табл. 4.

Таблица 4. Сводные данные по ключевым интегральным индексам

Наименование индекса	Организация	Объект анализа	Предмет анализа	Способ сбора данных	Метод нормирования	Метод присвоения удельных весов	Метод агрегирования
Индикаторы для бенчмаркинга и мониторинга транспортной инфраструктуры	Технологический университет Лулео (Швеция)	Транспортная инфраструктура	Общий уровень производительности железных дорог	Сбор данных из открытых источников	Метод минимума-максимума	- Присвоение равных весов - Корреляционный анализ - Экспертные оценки	- Аддитивный метод
Индекс надежности железнодорожной инфраструктуры и подвижного состава	Университет Тромсе (Норвегия)	Железнодорожная инфраструктура и подвижного состава	Уровень работоспособности железнодорожной инфраструктуры и подвижного состава	Сбор данных из открытых источников	н/д	н/д	н/д
Индекс оценки уровня безопасности метрополитена	Пекинский транспортный университет, Группа компаний Китайский научно-исследовательский институт железных дорог, Академия наук Китая	Инфраструктура метрополитена	Уровень безопасности станций и линий метро	Сбор данных из открытых источников	н/д	Статистический метод	Облачная методика

Исходя из анализа данных о ключевых интегральных индексах, важно отметить, что некоторые из методов оценки обладают недостатками. Во-первых, для целей расчета индекса требуется большое количество информации из открытых источников о текущем оснащении железнодорожной инфраструктуры. Как правило, данные такого характера публикуются по состоянию на прошедший год и более, что значительно снижает актуальность получаемой информации.

Во-вторых, разработка интегральных индексов требует особой теоретической подготовки и детального изучения аспектов, составляющих

сущность анализируемых параметров. При создании алгоритма расчета важно учесть то, насколько релевантными являются элементы оценки общего показателя и как точно они характеризуют его уровень развития. Важно, чтобы инструменты интегральной оценки в виде индексов не были отражением субъективного видения развития железнодорожной инфраструктуры авторами систем расчетов и иллюстрировали объективное состояние транспортной сферы.

Заключение. Индексы оценки общей и инновационной деятельности в сфере железнодорожного транспорта в силу собственной специфики имеют широкую сферу применения. Данные, полученные при использовании данных инструментов, помогают выявить реальное состояние железнодорожной инфраструктуры, отследить эффективность проводимых реформ в сфере инновационного развития транспорта, обеспечить грамотное распределение государственной поддержки.

Материалы данной статьи могут быть использованы в качестве теоретической базы для подготовки методики индексов оценки инновационной деятельности в железнодорожной сфере.

Список источников

1. **Ткачев И. Г.** Развитие транспортных систем в новом технологическом укладе / И. Г. Ткачев // Ученые записки Международного банковского института. – 2018. – № 3(25). – С. 142–151. – EDN YWYRPV.

2. **Колесникова А. В.** Современный инструментарий оценки эффективности инноваций / А. В. Колесникова // Ученые записки Международного банковского института. – 2022. – № 4(42). – С. 94–107. – EDN JTCNGY.

3. **Никифорова Г. М.** Основные положения методики оценки эффективности центров управления местной работой отделений железных дорог // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2006. – № 3(8). – С. 5–12.

4. **Stenström C. et al.** Development of an integrity index for benchmarking and monitoring rail infrastructure: application of composite indicators // International Journal of Rail Transportation. – 2015. – Т. 3. – №. 2. – С. 61–80.

5. **Nåvik P., Derosa S., Rønquist A.** Development of an index for quantification of structural dynamic response in a railway catenary section // Engineering Structures. – Volume 222. – 2020. – DOI: 10.1016/j.engstruct.2020.111154.

6. **Yuan F. Q.** Overall reliability index development for railway infrastructure and rolling stock with case study // 2016 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM). – IEEE, 2016. – С. 1264–1268.

7. **Дворникова Ю. В.** Экономическая оценка инновационной деятельности на российских железных дорогах. // Дис. канд. эк. наук. Самарская

государственная академия путей сообщения. URL: <https://dlib.rsl.ru/viewer/01003271622#?page=14> (дата обращения: 20.02.2023).

8. **Nåvik P., Derosa S., Rønquist A.** On the use of experimental modal analysis for system identification of a railway pantograph. – Volume 9. – 2021. – Pages 132–143. – DOI: 10.1080/23248378.2020.1786743.

9. **Sadeghi J., Motieyan Najar M.E., Zakeri J.A., et al.** Development of railway ballast geometry index using automated measurement system // Measurement. – Volume 138. – 2019. – Pages 132–142. – DOI 10.1016/j.measurement.2019.01.092.

10. **Sadeghi J., Khajehdezfuly A., Heydari H.** Development of Railway Ride Comfort Prediction Model: Incorporating Track Geometry and Rolling Stock Conditions // Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems. – Volume 146. – Issue 3. – 2020.

11. **Wu H. W., Zhen J., Zhang J.** Urban rail transit operation safety evaluation based on an improved CRITIC method and cloud model // Journal of Rail Transport Planning & Management. – 2020. – T. 16. – Pages 100–206.

12. **Hendiani S., Bagherpour M.** Developing an integrated index to assess social sustainability in construction industry using fuzzy logic // Journal of Cleaner Production. – Volume 230. – 2019. – Pages 647–662. – DOI 10.1016/j.jclepro.2019.05.055.

13. **Rahmani, A., Seyedhosseini, S.M.** Development of Railway Turnout Structural Condition Index // Iran J Sci Technol Trans Civ. – Volume 45. – 2021. – Pages 219–226. DOI 10.1007/s40996-020-00512-8.

14. **Sadeghi J., Heydari H., Doloei E.A.** Improvement of Railway Maintenance Approach by Developing a New Railway Condition Index // Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems. – Volume 143. – Issue 8. – 2017.

15. **Shulga G.I.** Assessment of integrated index of environmental units of the transport system // MATEC Web of Conferences. – Volume 226. – 2018. – DOI 10.1051/mateconf/201822601027.

16. **Karasev O. et al.** Integral Assessment of the Level of Innovative Development of the Railway Industry Companies // The Open Transportation Journal. – 2022. – T. 16. – №. 1.

References

1. **Tkachev I. G.** Razvitiye transportnykh sistem v novom tekhnologicheskom uklade / I. G. Tkachev // Uchenyye zapiski Mezhdunarodnogo bankovskogo instituta. – 2018. – № 3(25). – S. 142–151. – EDN YWYRPV.

2. **Kolesnikova A. V.** Sovremennyye instrumentariy otsenki effektivnosti innovatsiy / A. V. Kolesnikova // Uchenyye zapiski Mezhdunarodnogo bankovskogo instituta. – 2022. – № 4(42). – S. 94–107. – EDN JTCNGY.

3. **Nikiforova G. M.** Osnovnyye polozheniya metodiki otsenki effektivnosti tsentrov upravleniya mestnoy rabotoy otdeleniy zheleznikh dorog // Izvestiya Peterburgskogo universiteta putey soobshcheniya. – 2006. – № 3(8). – S. 5–12.

4. **Stenström C. et al.** Development of an integrity index for benchmarking and monitoring rail infrastructure: application of composite indicators // International Journal of Rail Transportation. – 2015. – T. 3. – №. 2. – C. 61–80.

5. **Nåvik P., Derosa S., Rønnquist A.** Development of an index for quantification of structural dynamic response in a railway catenary section // Engineering Structures. – Volume 222. – 2020. – DOI: 10.1016/j.engstruct.2020.111154.

6. **Yuan F. Q.** Overall reliability index development for railway infrastructure and rolling stock with case study // 2016 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM). – IEEE, 2016. – C. 1264–1268.

7. **Dvornikova Y. V.** Ekonomicheskaya otsenka innovatsionnoy deyatelnosti na rossiyskikh zheleznikh dorogakh. // Dis. kand. ek. nauk. Samarskaya gosudarstvennaya akademiya putey soobshcheniya. URL: <https://dlib.rsl.ru/viewer/01003271622#?page=14> (data obrashcheniya: 20.02.2023).

8. **Nåvik P., Derosa S., Rønnquist A.** On the use of experimental modal analysis for system identification of a railway pantograph. – Volume 9. – 2021. – Pages 132–143. – DOI: 10.1080/23248378.2020.1786743.

9. **Sadeghi J., Motieyan Najar M.E., Zakeri J.A., et al.** Development of railway ballast geometry index using automated measurement system // Measurement. – Volume 138. – 2019. – Pages 132–142. – DOI 10.1016/j.measurement.2019.01.092.

10. **Sadeghi J., Khajehdezfuly A. Heydari H.** Development of Railway Ride Comfort Prediction Model: Incorporating Track Geometry and Rolling Stock Conditions // Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems. – Volume 146. – Issue 3. – 2020.

11. **Wu H. W., Zhen J., Zhang J.** Urban rail transit operation safety evaluation based on an improved CRITIC method and cloud model // Journal of Rail Transport Planning & Management. – 2020. – T. 16. – Pages 100–206.

12. **Hendiani S., Bagherpour M.** Developing an integrated index to assess social sustainability in construction industry using fuzzy logic // Journal of Cleaner Production. – Volume 230. – 2019. – Pages 647–662. – DOI 10.1016/j.jclepro.2019.05.055.

13. **Rahmani, A., Seyedhosseini, S.M.** Development of Railway Turnout Structural Condition Index // Iran J Sci Technol Trans Civ. – Volume 45. – 2021. – Pages 219–226. DOI 10.1007/s40996-020-00512-8.

14. **Sadeghi J., Heydari H., Doloei E.A.** Improvement of Railway Maintenance Approach by Developing a New Railway Condition Index // Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems. – Volume 143. – Issue 8. – 2017.

15. **Shulga G.I.** Assessment of integrated index of environmental units of the transport system // MATEC Web of Conferences. – Volume 226. – 2018. – DOI 10.1051/mateconf/201822601027.

16. **Karasev O. et al.** Integral Assessment of the Level of Innovative Development of the Railway Industry Companies // The Open Transportation Journal. – 2022. – T. 16. – №. 1.