

для группы) и степень их детализации. Для каждой группы показателей разработан отдельный дашборд, все дашборды имеют общую панель навигации.

Таким образом, использование дашбордов для анализа работы отделения дороги позволяет автоматизировать сбор данных, снизить трудозатраты при их обработке, уменьшить сроки подготовки аналитических отчетов и более взвешенно принимать управленческие решения.

Список литературы

1 Статистика железнодорожного транспорта : учеб. для вузов ж.-д. трансп. / Т. И. Козлов [и др.]. – М. : Транспорт, 1990. – 325 с.

2 **Кузнецов, В. Г.** Расчет показателей использования вагонов на основе автоматизированного учета их состояния и местонахождения / В. Г. Кузнецов, О. Н. Лисогурский // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2011. – № 2 (23). – С. 29–35.

3 **Куслейка, Д.** Визуализация данных при помощи дашбордов и отчетов в Excel / Д. Куслейка ; пер. с англ. А. Ю. Гинько. – М. : ДМК Пресс, 2021. – 338 с.

4 **Колоколов, А.** Дашборд для директора: как делать управленческие отчеты красивыми и понятными / А. Колоколов. – [б. м.] : [б. и.], 2019. – 108 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

- Бондаренко Екатерина Андреевна, г. Витебск, УП «Витебское отделение Белорусской железной дороги», начальник отдела статистики, nchu@vtb.rw.by;
- Лисогурский Олег Николаевич, г. Гомель, УО «Белорусский государственный университет транспорта», старший преподаватель кафедры «Управление эксплуатационной работой и охрана труда», legofox@yandex.by.

УДК 656.2.073

АНАЛИЗ СЕРОЙ КОРРЕЛЯЦИИ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ОБЪЕМЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК

ВАН ЮЙБЯНЬ

УО «Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

Объем железнодорожных грузоперевозок является ключевым показателем оценки транспортной деятельности железных дорог. При этом важно проанализировать количественные показатели объема железнодорожных грузоперевозок с качественной точки зрения, установить влияние макроэкономических, логистических условий деятельности железной дороги и других факторов, влияющих на железнодорожные грузоперевозки, и корреляции между ними, выделить важные влияющие компоненты. Такой подход дает основу для прогнозирования и понимания объема железнодорожных грузоперевозок и тенденций

их развития, а также предоставляет надежные данные для поддержки развития железнодорожных грузоперевозок.

Качественный анализ факторов, влияющих на объемы железнодорожных грузоперевозок. Система железнодорожного транспорта является сложной динамической системой, она обладает характеристиками неопределенности, случайности и нечеткости, поэтому прогнозирование объема железнодорожных перевозок является сложным процессом управления. Факторы, влияющие на объемы железнодорожных грузоперевозок, в основном складываются из двух аспектов: социального спроса и производственного интереса железных дорог. Социальная сторона спроса в основном включает макроэкономические аспекты и изменения в логистической среде.

Железнодорожные грузовые объемы в последние годы характеризуются как ростом, так и падением, но по сравнению с автомобильным грузовым транспортом доля его рынка снижается. С макроэкономической точки зрения, с непрерывным развитием национальной экономики, интенсивность и частота спроса на грузовые перевозки в различных отраслях промышленности различаются: отдельные отрасли составляют основу железнодорожных грузовых объемов (удобрения, нефтепродукты, строительные материалы); другие отрасли, особенно промышленности и сельского хозяйства, являются существенными. Значительную долю в железнодорожных перевозках занимают сыпучие грузы. В настоящее время макроэкономические ограничения, замедление роста внешних инвестиций в основные фонды, снижение темпов развития отдельных отраслей промышленности, повлияли и на объемы железнодорожных перевозок.

Изменения в международной логистической среде сводятся к трем направлениям: автомобильные грузоперевозки лидируют на рынке, водные и воздушные перевозки расширяют рынок навалочных грузов, происходит развитие интеллектуальной логистической отрасли.

Традиционные автомобильные, водные, воздушные и трубопроводные перевозки конкурируют за долю рынка с железнодорожным транспортом, создавая неравномерность в объемах железнодорожных грузов. Автомобильный транспорт, как основа грузовых перевозок, в полной мере использует свои быстрые и удобные преимущества «от двери до двери» в конкуренции грузовых перевозок, которая становится все более заметной. В последние годы государства ускорили строительство автотранспортной инфраструктуры, чтобы удовлетворить изменения в общественном транспортном спросе, а бизнес-модель автомобильного транспорта развивалась в направлении увеличения масштаба, интернационализации на дальние расстояния, специализации и перевозки тяжелых грузов, постепенно преодолевая недостатки грузовых перевозок на средние и дальние расстояния и лидируя на рынке грузовых перевозок.

Водные и воздушные перевозки расширяют рынок перевозки грузов, и интермодальные перевозки становятся новой моделью. В последние годы

грузовые авиаперевозки развиваются быстрыми темпами, и сравнительные данные по объему грузов, отправляемых по железной дороге и другими видами транспорта, показывают, что водные и воздушные грузоперевозки занимают определенную долю рынка.

Логистическая отрасль развивается разумно. Благодаря таким важным стратегиям, как «Шелковый путь» с Китаем, строительство новых логистических терминалов и железнодорожных станций, логистическая отрасль постепенно меняется в сторону интеллекта, специализации и масштаба. Взаимодействие рынка и государственной политики создала возможность для «умной» и «зеленой» логистики. Новый логистический подход заключается в создании «умных» логистических платформ в сотрудничестве с сетями, создании «умных» логистических технологических парков и объединении усилий с компаниями электронной коммерции, логистическими компаниями, складскими компаниями, сторонними поставщиками логистических услуг, поставщиками услуг цепочки поставок и другими типами предприятий для интеллектуализации операций в складировании, логистических объектах, трансграничной логистике, управлении подвижным составом и т. д. Ключом к умной логистике является способность использовать развитие радиочастотной идентификации (RFID), электронного обмена данными (EDI), систем глобального позиционирования (GNSS), географических информационных систем (GIS), интеллектуальных транспортных систем (ITS) и других технологий для сбора, анализа и принятия решений по всем видам информации [1].

Кроме того, с активным развитием таких концепций, как большие данные и интеллектуальная цепочка поставок, интеллектуальная логистика будет осуществлять интегрированную работу бизнес-потока, информационного потока и потока капитала с помощью информационных технологий, что принесет большие удобства для рынка, промышленности, предприятий и частных лиц. Умная логистика, связанная с технологией различных видов транспорта, для железнодорожного транспорта все еще является новой технологией, которая может принести добавленную стоимость в информационные технологии. Тенденция постепенного изменения логистической среды к интеллекту и информационным технологиям для железнодорожных перевозок будет в ближайшей перспективе важной задачей.

Основными характеристиками железных дорог являются схема железнодорожной сети, транспортная работа железных дорог, в т. ч. на электрифицированных участках, владение железнодорожными вагонами, организация грузоперевозок и управление безопасностью. Все эти влияющие факторы относятся к категории инфраструктуры и положительно коррелируют с объемами железнодорожных грузоперевозок. Поскольку инфраструктура железнодорожной сети в Беларуси недостаточно загружена, степень электрификации железных дорог небольшая, экономическое положение различных регионов, через которые проходит железная дорога, различно, как и количество станций

переработки вагонов, поэтому железная дорога должна стараться целенаправленно улучшать инфраструктуру и технологию.

Анализ серой корреляции факторов, влияющих на объем железнодорожных грузоперевозок. Для анализа факторов, влияющих на объем железнодорожных грузоперевозок, количественной оценки величины влияния между факторами используется анализ серой корреляции. Теория серых систем использует для анализа метод корреляционного анализа, который может быть рассчитан для ранжирования степени связи между факторами при неполной информации, т. е. степени ассоциации [2]. Степень корреляции дает количественное представление о связи между данными различных факторов и основывается на степени сходства формы кривых рядов для определения их тесной связи. Если изменения в данных этих факторов не имеют идентичной тенденции, они считаются несвязанными или имеют низкую степень корреляции, и наоборот.

Этапы расчета серого корреляционного анализа.

1 Строятся два типа последовательностей: последовательность характерного для системы поведения и последовательность связанных с ним факторов. Производится сравнение их и выносятся суждение. Пусть последовательность характерного поведения системы и последовательность связанных факторов будут соответственно:

$$X_0 = \{x_0(1), x_0(2), x_0(3), \dots, x_0(n)\}, \quad (1)$$

$$X_i = \{x_i(1), x_i(2), x_i(3), \dots, x_i(n)\}, \quad (2)$$

где X_0 – последовательность поведения характеристик системы; X_i ($i = 1, 2, \dots, p$) – последовательность p значимых факторов; n – число выборок данных.

2 Безразмерная обработка. Безразмерная обработка устраняет влияние различий в порядке величины между двумя типами рядов, что позволяет рассчитывать и анализировать эти два типа рядов. Обычно используемые методологические процедуры включают прайминг и усреднение. В данной работе используется гомогенизация:

$$f(x(k)) = \frac{x(k)}{\bar{x}} = y(k), \quad \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x(k). \quad (3)$$

3 Находится максимальная и минимальная разность двух полюсов. Взяв максимальную и минимальную разности в последовательных разностях, два полюса получаются как:

$$M = \max_i \max_k \Delta_i(k), \quad (4)$$

$$m = \min_i \min_k \Delta_i(k), \quad (5)$$

где $\Delta_i(k) = |x'_0(k) - x'_i(k)|$, $k = 1, 2, \dots, n$; $i = 1, 2, \dots, p$ – разность рядов данных; M и m – максимальное и минимальное значения разности рядов данных соответственно.

4 Расчет коэффициента серой корреляции. Коэффициент серой корреляции рассчитывается как:

$$\gamma_{0_i}(k) = \frac{m + \varepsilon M}{\Delta_i(k) + \varepsilon M}, \quad (6)$$

где $k = 1, 2, \dots, n$; $i = 1, 2, \dots, p$; ε – коэффициент дискриминации, $0 < \varepsilon < 1$. Если p меньше, то чем больше разница между коэффициентами корреляции, тем выше способность к дискриминации. Обычно ε составляет 0,5.

5 Вычисление серых корреляций. Для расчета серой корреляции важность наблюдений в системе определяется с помощью веса наблюдений в каждый момент последовательности характерного поведения системы по отношению к общему числу наблюдений. Здесь серая корреляция находится путем усреднения (7):

$$\gamma_{0_i}(k) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \gamma_{0_i}(k). \quad (7)$$

6 Получение серого корреляционного рейтинга. Поскольку серая корреляция не уникальна, величина самой серой корреляции не является критической, более важен порядок величины каждой серой корреляции, что требует ранжирования значений серой корреляции в порядке от наибольшего к наименьшему.

На основе вышеприведенного анализа многочисленные факторы, влияющие на объем железнодорожных перевозок, рассматриваются как серая система, и факторы выбираются для корреляционного анализа. Данные индикатора приведены в таблице 1, а результаты их обработки в таблице 2.

Таблица 1 – Объемы железнодорожных грузоперевозок в 2015–2021 годах и показатели факторов, влияющих на них

Год	Y	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈
2015	40784,5	56,45	73838116,4	13537,8	30292	1645	24523386,3	21	32,38
2016	41107,0	47,72	81794877,0	15502,0	27610	1645	25239287,0	21	32,67
2017	48538,2	54,73	94306033,0	18043,0	34235	1650	26987056,3	22	36,40
2018	52573,7	60,03	110363920,0	18843,0	38441	1670	28081786,5	22	37,87
2019	48205,4	64,41	115700465,0	20639,0	39477	1690	28516071,5	22	36,84
2020	42420,4	60,26	118407741,0	22749,0	32767	1710	28777563,9	23	34,44
2021	44478,2	61,65	155870028,0	24896,0	41785	1737	29593455,3	25	37,45

Примечание – Y – грузооборот, млн т·км; X₁ – валовой внутренний продукт, млрд USD; X₂ – размеры производства промышленной продукции, млн руб./тыс. руб.; X₃ – объем производства продукции сельского хозяйства в текущих ценах, млрд руб.; X₄ – внешняя торговля товарами – импорт, млн USD; X₅ – нефть сырая, тыс. т; X₆ – грузооборот авто, тыс. т·км; X₇ – электрифицированные пути, %; X₈ – объем железнодорожных грузоперевозок как доля от общего объема грузоперевозок, %.

Таблица 2 – Усреднение показателей объемов железнодорожных грузоперевозок и влияющих на них факторов

Год	Y	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈
2015	0,8975	0,9751	0,6889	0,7061	0,8669	0,9803	0,8954	0,9421	0,9136
2016	0,9046	0,8243	0,7631	0,8085	0,7901	0,9803	0,9215	0,9421	0,9219
2017	1,0681	0,9454	0,8799	0,9411	0,9797	0,9832	0,9853	0,9870	1,0271
2018	1,1569	1,0370	1,0297	0,9828	1,1001	0,9951	1,0253	0,9870	1,0685
2019	1,0608	1,1126	1,0795	1,0765	1,1297	1,0071	1,0412	0,9870	1,0396
2020	0,9335	1,0409	1,1047	1,1865	0,9377	1,0190	1,0507	1,0319	0,9719
2021	0,9787	1,0649	1,4542	1,2985	1,1958	1,0351	1,0805	1,1216	1,0566

Примечание – Y – грузооборот, млн т·км; X₁ – валовой внутренний продукт, млрд USD; X₂ – размеры производства промышленной продукции, млн руб./тыс. руб.; X₃ – объем производства продукции сельского хозяйства в текущих ценах, млрд руб.; X₄ – внешняя торговля товарами – импорт, млн USD; X₅ – нефть сырая, тыс. т; X₆ – грузооборот авто, тыс. т·км; X₇ – электрифицированные пути, %; X₈ – объем железнодорожных грузоперевозок как доля от общего объема грузоперевозок, %.

Для каждого оцениваемого объекта рассчитывается абсолютная разница между индикаторной серией (серией сравнения) и соответствующим элементом эталонной серии, как показано в таблице 3.

Таблица 3 – Абсолютные различия между соответствующими элементами последовательности сравнения и эталонной последовательности

Год	Y – X ₁	Y – X ₂	Y – X ₃	Y – X ₄	Y – X ₅	Y – X ₆	Y – X ₇	Y – X ₈
2015	0,0777	0,2086	0,1914	0,0306	0,0828	0,0021	0,0447	0,0162
2016	0,0802	0,1414	0,0960	0,1144	0,0757	0,0170	0,0376	0,0173
2017	0,1227	0,1882	0,1270	0,0884	0,0849	0,0827	0,0811	0,0410
2018	0,1199	0,1272	0,1741	0,0568	0,1617	0,1316	0,1699	0,0884
2019	0,0519	0,0187	0,0157	0,0690	0,0537	0,0196	0,0738	0,0212
2020	0,1075	0,1713	0,2531	0,0042	0,0855	0,1173	0,0984	0,0384
2021	0,0861	0,4755	0,3198	0,2170	0,0563	0,1018	0,1428	0,0779

Как видно из таблицы 3, максимальное значение составляет 0,4755, а минимальное – 0,0021.

Количество коэффициентов корреляции между каждой последовательностью сравнения и соответствующим элементом эталонной последовательности было рассчитано с помощью формулы серой корреляции, как показано в таблице 4.

Корреляция X₆ и X₈ выше 0,8, что указывает на сильное влияние этих двух факторов на объем железнодорожных перевозок; корреляция X₁, X₄, X₅ и X₇ выше 0,7, что указывает на определенное влияние этих факторов на объем железнодорожных перевозок; корреляция остальных факторов составляет около 0,6, что указывает на то, что эти два фактора имеют наименьшее влияние на объем железнодорожных перевозок среди факторов влияния.

Таблица 4 – Значения серой корреляции грузооборота железнодорожного транспорта с соответствующими факторами влияния

Год	$Y - X_1$	$Y - X_2$	$Y - X_3$	$Y - X_4$	$Y - X_5$	$Y - X_6$	$Y - X_7$	$Y - X_8$
2015	0,7604	0,5374	0,5589	0,8938	0,7483	1,0001	0,8493	0,9446
2016	0,7543	0,6325	0,186	0,6810	0,7652	0,9416	0,8712	0,9404
2017	0,6655	0,5631	0,6575	0,7355	0,7435	0,7484	0,7522	0,8604
2018	0,6706	0,6572	0,5824	0,8143	0,6004	0,6494	0,5884	0,7354
2019	0,8282	0,9353	0,9463	0,7820	0,8230	0,9320	0,7699	0,9263
2020	0,6948	0,5864	0,4887	0,9912	0,7420	0,6756	0,7136	0,8685
2021	0,7405	0,3363	0,4302	0,5274	0,8156	0,7065	0,6302	0,7599
Серый реляци- онный анализ	0,7306	0,6069	0,6261	0,7750	0,7483	0,8077	0,7393	0,8622

При подведении итогов исследований установлено, что грузооборот автотранспорта, объем железнодорожных грузоперевозок как доля от общего объема грузоперевозок являются основными факторами, влияющими на объем железнодорожных грузоперевозок.

Список литературы

- 1 **Ерофеев, А. А.** Интеллектуальная система управления перевозочным процессом на железнодорожном транспорте : [монография] / А. А. Ерофеев. – Гомель : БелГУТ, 2022. – 407 с.
- 2 **Ван, Ю.** Прогнозирование объёмов перевозок пассажиров на основе теории «Серых систем» / Юйбянь Ван // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – № 1 (42). – 2021. – Гомель. – С. 77–81.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

- Ван Юйбянь, г. Гомель, УО «Белорусский государственный университет транспорта», аспирант кафедры «Управление эксплуатационной работы и охрана труда», магистр техн. наук.

УДК 656.2(476.7)

ОБРАЗОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНОГО ЦЕНТРА ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ В УП «БАРАНОВИЧСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ»

А. В. ВЕРБИЛО, Ю. О. ПЕТРАН

УП «Барановичское отделение Белорусской железной дороги»

Во исполнение пункта 15 протокола от 18 февраля 2021 года Технико-экономического совета Белорусской железной дороги в рамках проводимой работы по совершенствованию деятельности линейных центров транспортного