

*С. Д. Подолинная, Р. Г. Король*

## МЕТОД ФАКТОРНО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ МЕСТ РАЗМЕЩЕНИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

**Аннотация.** Исследования, направленные на выбор и оценку потенциальных мест размещения транспортно-логистических объектов, приобретают первостепенное значение в условиях активного развития транспортно-логистического комплекса Дальнего Востока. Сегодня активно осуществляется модернизация транспортной инфраструктуры, происходит усиление портовых мощностей и трансграничных переходов, поэтому требуется разработка новых подходов по выбору мест размещения транспортно-логистических центров. Целью работы является разработка метода факторно-аналитической оценки мест размещения транспортно-логистических объектов, а также его апробация на региональном уровне. К задачам исследования относится анализ существующих методов по выбору места размещения транспортно-логистического объекта, описание факторов, влияющих на выбор места размещения и формирование метода факторно-аналитической оценки. Использовались теоретические и эмпирические методы исследования. В статье рассматриваются дополнительные факторы, влияющие на выбор места размещения объекта, и подробно представлены этапы оценки мест размещения транспортно-логистических объектов.

**Ключевые слова:** приграничный транспортно-логистический объект, метод факторно-аналитической оценки, оценка места размещения, транспортно-логистический центр.

**Для цитирования:** Подолинная, С. Д. Метод факторно-аналитической оценки потенциальных мест размещения транспортно-логистических объектов / С. Д. Подолинная, Р. Г. Король // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025 – № 2. – С. 231–242. – DOI 10.46973/0201-727X\_2025\_2\_231.

### **Введение**

Текущая геополитическая и экономическая обстановка оказала существенное влияние на функционирование транспортной отрасли [1]. Одной из тенденций развития логистики является переориентация внешнеторгового контейнеропотока с европейского на азиатско-тихоокеанское направление и увеличение объемов перевозок на альтернативных транспортных маршрутах, проходящих в обход транспортной сети России [2]. Переориентация грузопотоков в восточном направлении с ориентацией на рынки стран Азиатско-Тихоокеанского региона (АТР) привела к увеличению нагрузки на трансграничную инфраструктуру. Пограничные переходы испытывают значительную загрузку имеющейся инфраструктуры и технологическое оборудование, требующее модернизацию и не соответствующее современным требованиям для обеспечения ускоренного прохождения международной границы [3]. На Восточно-экономическом форуме в 2023 году были приняты решения о развитии Дальневосточного региона путем модернизации трансграничной инфраструктуры с увеличением ее пропускной способности и создании международных территорий опережающего развития (МТОР) [4].

Устойчивость внешнеторговых связей России и Китая обеспечивается через эффективное функционирование системы наземных и морских пограничных пунктов пропуска, транспортную и терминально-логистическую инфраструктуру, а также информационное взаимодействие [5]. Развитие трансграничной инфраструктуры планируется за счет строительства транспортно-логистических центров (ТЛЦ) для обработки экспортно-импортных грузов. Данные центры могут войти в состав опорной сети ТЛЦ, которая планируется к реализации на территории Российской Федерации и будет способствовать развитию транспортного комплекса [6].

По результатам исследования в России необходимо создание около 80 мультимодальных транспортно-логистических центров (МТЛЦ) федерального, регионального и территориального уровня [7]. В России развитие терминальной инфраструктуры идет неравномерными темпами, в первую очередь из-за отсутствия систематического планирования и апробации данных, что приводит к неэффективному построению маршрутов перевозки грузов и последующему росту логистических расходов [8]. Поэтому для

эффективного функционирования сети МТЛЦ и снижения нерациональных транспортных затрат необходимо определить оптимальное месторасположение для последующего строительства ТЛЦ. Выбор оптимального места размещения логистического центра является важным моментом в вопросе формирования эффективной транспортно-логистической инфраструктуры [9].

На текущий момент существует множество методов решения вопроса выбора места расположения ТЛЦ, однако они не учитывают особенности, которые необходимы транспортно-логистическим центрам, располагающимся вблизи трансграничных переходов [10]. ТЛЦ вблизи международной границы можно отнести к трансграничным транспортно-логистическим объектам (ТЛО), так как они могут иметь различный функционал в зависимости от месторасположения, величины грузопотока и конечного потребителя [11]. В статье будут рассмотрены методы, используемые в исследованиях, посвященных выбору и оценке потенциальных мест для размещения транспортно-логистических объектов, проведен их анализ, на основе которого будет предложен метод факторно-аналитической оценки.

### Основная часть

В данной статье использовался метод сравнительного анализа научных публикаций отечественных и зарубежных авторов. На основе изученных трудов сформирована табл. 1, позволяющая систематизировать существующие методы исследования поиска рационального места размещения объектов и факторы, которые рассматривались учеными как базовые при последующей оценке (где индекс 1 указывает на использование соответствующего фактора в методике).

Таблица 1

### Анализ научных методов исследования выбора рационального места размещения объекта

Метод оценки	Факторы							
	Инфраструктурный	Географический	Социально-демографический	Экономический	Геополитический	Природно-климатический	Нормативно-правовой	Ресурсно-экологический
Методика в последовательном сужении множества решений	+	+				+	+	
Метод системной динамики	+	+	+		+			
Алгоритм муравьиной колонии	+	+		+				
Адаптивная методика отдельных методов	+	+		+				
Многокритериальная задача принятия решений с позиции метода анализа иерархии Т. Саати	+	+	+	+	+			
Модель промышленного штандорта	+	+	+					
Комбинированный метод факторного анализа	+		+			+		
Математическая модель совокупного эффекта в регионе	+		+	+	+		+	
Пространственный подход			+		+	+		+
Логистический анализ и синтез	+	+						+
Метод наименьших квадратов		+	+	+				+
Диаграмма Вороного	+	+	+					
Бальный рейтинг	+			+	+	+		
Многокритериальная оптимизация (MCDM)	+			+				
Факторный анализ	+			+	+	+		+
Факторно-аналитическая оценка	+	+	+	+	+	+	+	+

В рамках данного исследования рассматриваются методы системного анализа, к которым можно отнести методы балльного рейтинга и многокритериальной оптимизации, факторного анализа, принятия решений на основе критериев Лапласа, Гурвица, Ходжа – Лемана, Вальда и др. Предложенный в работе метод факторно-аналитической оценки мест размещения транспортно-логистических объектов основан на комбинации методов системного анализа. Факторный анализ используется для выявления ключевых параметров, влияющих на размещение ТЛО, применяется критериальная оценка, по аналогии с критериями Лапласа, Гурвица, учитывается влияние принятого решения, как в критерии Ходжа – Лемана, но с акцентом на региональную специфику. Существующие методы в основном рассматривают статические параметры (расстояние перевозки, инфраструктура, стоимость земли и т. п.). Метод факторно-аналитической оценки имеет отличительные особенности, заключающиеся в наличии динамических показателей, отражающих динамику изменения грузопотоков и сезонность перевозок, экономико-логистическую адаптивность под изменяющиеся показатели. В отличие от теоретических моделей данный метод может быть применен для оценки объектов, требующих нелинейного подхода, где результатом расчета станет ранжирование объектов по оценочной шкале и зонирование рассматриваемой территории по степени пригодности потенциальной площадки. Классические методы способны дать «точечную» оценку, в отличие от метода факторно-аналитической оценки, который будет комплексно учитывать динамику и адаптивность, что сегодня является актуальным для регионов Дальнего Востока.

В результате анализа научных публикаций были выделены следующие факторы, которые можно рассматривать как основополагающие и которые применяются в различных методах при оценке места для размещения транспортно-логистических объектов [12]. Описанные методы ориентированы на оценку экономического эффекта от организации транспортно-логистического центра и потенциальном экономическом и социальном развитии региона. Однако в данных методах не учитывается техническая и технологическая составляющие транспортного процесса, которые влияют на эффективность обслуживания грузопотоков, и данные факторы необходимо учитывать при выборе месторасположения ТЛЦ [13]. Все факторы отражают степень изученности проблемы и могут рассматриваться в качестве основных, на которые следует ориентироваться при выборе наиболее рационального места. Для всесторонней и комплексной оценки авторами предлагается дополнить перечень следующими факторами:

- технологический;
- международного сотрудничества;
- грузодинамический;
- стратегический.

Введенный грузодинамический фактор в контексте данного исследования имеет более узкое и специфическое значение, чем показатель динамики грузовой массы. Грузодинамический фактор представляет собой частный аналитический показатель, который учитывает не только изменение грузовой массы, но и влияние этих изменений на выбор места размещения логистических объектов. Данный фактор направлен на анализ интенсивности колебаний грузопотоков (сезонность, пиковые нагрузки), пространственную неравномерность распределения грузов, чувствительность логистической инфраструктуры к этим изменениям и т. п. Для всесторонней оценки потенциальных мест размещения транспортно-логистических объектов необходимо было выделить фактора, который учитывает нестабильность движения грузопотоков и изменения грузовой базы. В условиях внешнеторговой активности на дальневосточные регионы приходится значительные объемы грузовых и транспортных потоков, поэтому грузодинамический фактор при колебаниях спроса позволит количественно оценить возможные риски для логистических центров, а также интегрирует данные о грузовой динамике в модель выбора оптимального местоположения ТЛО.

Использование дополнительных факторов позволит рассмотреть проблему выбора места размещения транспортно-логистического объекта с точки зрения стратегического и перспективного развития рассматриваемой области, учитывая факт международного сотрудничества, особенно при размещении объекта в приграничном регионе для обработки внешнеторговых грузов, технологическую составляющую организации перевозок и динамику роста грузо- и пассажиропотока [14]. Рассмотренные факторы систематизированы на рис. 1.

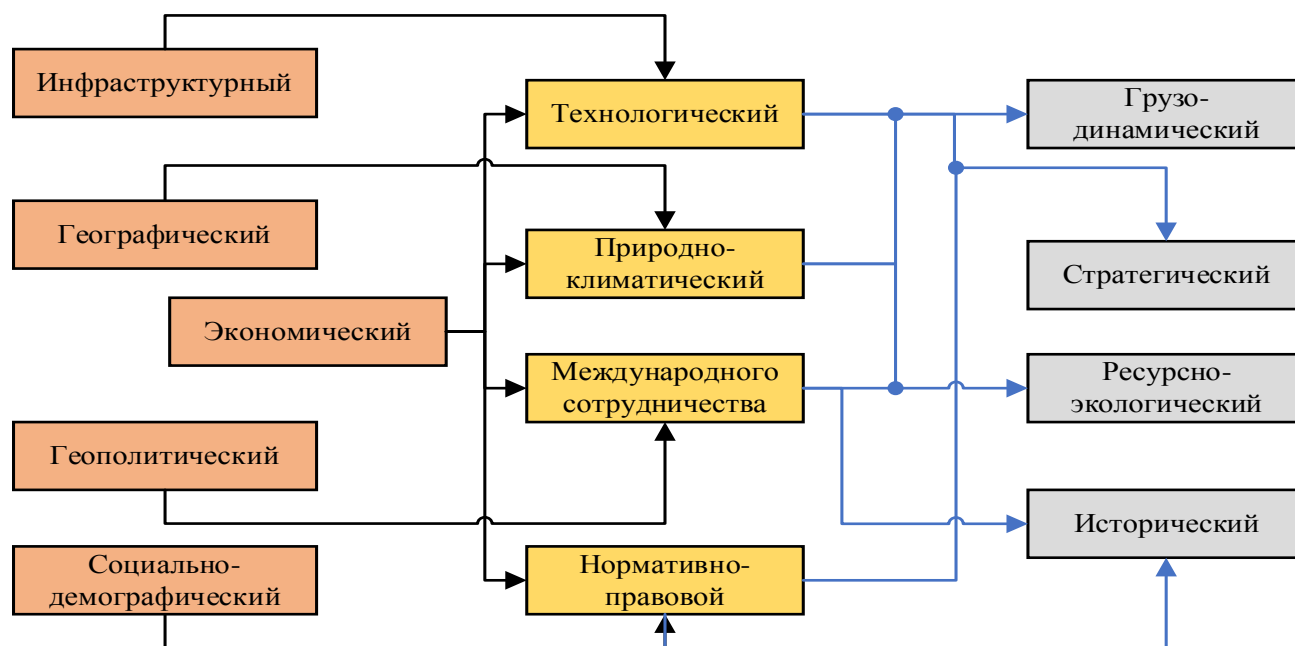


Рис. 1. Структурная взаимосвязь факторов

На схеме представлена систематизация факторов по уровням в зависимости от степени взаимной зависимости. Первый уровень – базовые факторы, представляют собой укрупненную группу факторов, ориентированных на отражение текущей и перспективной ситуации в определенной области. Второй уровень – составные факторы 1-го порядка, будут возникать в областях тяготения двух базовых факторов. Третий уровень – составные факторы 2-го порядка, возникают в процессе взаимодействия трех базовых факторов, формируя новые области своей деятельности. Таким образом, факторы 2-го порядка будут наиболее зависимыми, при изменении количественных характеристик базовых факторов будут иметь наиболее сильное взаимное влияние.

Изучение структурной взаимосвязи позволит провести анализ факторов с последующим выявлением зависимости, что будет основой для разработки метода факторно-аналитической оценки. Метод ориентирован на комплексную оценку потенциальных мест для размещения транспортно-логистических объектов, где итогом расчетов будет являться комплексный индекс, на основе которого можно будет принимать решение о последующем размещении объекта [15].

На первом этапе расчетов необходимо сформировать шкалу оценочных значений. Максимально возможное значение оценочной шкалы формируется автором каждого исследования самостоятельно, но рекомендуется принимать шкалу в следующем промежутке  $[1; n]$ , где  $n$  – количество объектов, принимаемых к оценке. Проставление оценок происходит от наибольшего значения к наименьшему, где  $n$  – максимально возможное количество баллов, а 1 – минимальное возможное количество баллов. Для наглядного отражения результатов и последующих расчетов строится матрица оценочных значений (табл. 2), в которой  $P_j^{\Phi_n}$  –  $j$ -й показатель  $n$ -го фактора;  $a_{nj}$  – оценка  $j$ -го показателя  $n$ -го фактора. Для оценки достоверности полученных результатов определяется индекс согласованности (10), который рассчитывается посредством умножения матриц. Произвести данные вычисления возможно при выполнении следующего условия:

$$O_n = \Phi_n,$$

где  $O_n$  –  $n$ -е количество оцениваемых объектов;

$\Phi_n$  –  $n$ -е количество рассматриваемых факторов.

Проводить последующие исследовательские расчеты с соблюдением данного условия нецелесообразно, так как оно не позволяет объективно оценить рассматриваемые объекты. Поэтому соблюдение данного условия не является обязательным. В рамках данной работы будут проведены расчеты с соблюдением условия с целью проверки разработанного метода на реальных объектах и достоверности полученных результатов.

Таблица 2

**Оценочная матрица потенциальных мест расположения транспортно-логистических объектов**

Объект исследования	Факторы								
	Φ <sub>1</sub>			Φ <sub>2</sub>			Φ <sub>n</sub>		
	Показатели								
	Π <sub>1</sub> <sup>Φ</sup>	Π <sub>2</sub> <sup>Φ<sub>1</sub></sup>	Π <sub>j</sub> <sup>Φ<sub>1</sub></sup>	Π <sub>1</sub> <sup>Φ<sub>2</sub></sup>	Π <sub>2</sub> <sup>Φ<sub>2</sub></sup>	Π <sub>j</sub> <sup>Φ<sub>2</sub></sup>	Π <sub>1</sub> <sup>Φ<sub>n</sub></sup>	Π <sub>2</sub> <sup>Φ<sub>n</sub></sup>	Π <sub>j</sub> <sup>Φ<sub>n</sub></sup>
O <sub>1</sub>	a <sub>11</sub>	a <sub>12</sub>	a <sub>1j</sub>	a <sub>11</sub>	a <sub>12</sub>	a <sub>1j</sub>	a <sub>11</sub>	a <sub>12</sub>	a <sub>1j</sub>
O <sub>2</sub>	a <sub>21</sub>	a <sub>22</sub>	a <sub>2j</sub>	a <sub>21</sub>	a <sub>22</sub>	a <sub>2j</sub>	a <sub>21</sub>	a <sub>22</sub>	a <sub>2j</sub>
O <sub>n</sub>	a <sub>n1</sub>	a <sub>n2</sub>	a <sub>nj</sub>	a <sub>n1</sub>	a <sub>n2</sub>	a <sub>nj</sub>	a <sub>n1</sub>	a <sub>n2</sub>	a <sub>nj</sub>

Второй этап предусматривает расчет поправочного и весового коэффициентов показателей. Поправочный коэффициент используется для корректировки оценочных значений с учетом отклонения  $j$ -го показателя от эталонного значения. Эталоном следует считать средневзвешенное или минимально допустимое значение показателя. Расчет поправочного коэффициента будет различный в зависимости от оценочной шкалы:

а) если оценка производится от наибольшего значения показателя к наименьшему, тогда формула расчета будет иметь вид:

$$K_{pi} = \frac{A_i}{A_0}, \quad (1)$$

где  $K_{pi}$  – поправочный коэффициент  $j$ -го показателя  $n$ -го фактора;  $A_i$  – численное значение  $j$ -го показателя  $n$ -го фактора;  $A_0$  – эталонное  $j$ -го показателя;

б) если оценка производится от наименьшего значения показателя к наибольшему, тогда формула расчета будет выглядеть следующим образом:

$$K_{pi} = \left(1 - \frac{A_i}{A_0}\right) + 1. \quad (2)$$

После вычисления поправочного коэффициента необходимо скорректировать значения оценочной матрицы следующим образом:

$$a_{nj}^H = a_{nj} * K_{pi}, \quad (3)$$

где  $a_{nj}^H$  – скорректированная оценка  $j$ -го показателя  $n$ -го фактора с учетом поправочного коэффициента.

После произведенных расчетов необходимо сформировать скорректированную матрицу оценки с учетом новых значений (табл. 3).

Таблица 3

**Скорректированная оценочная матрица потенциального месторасположения транспортно-логистических объектов**

Объект исследования	Факторы								
	Φ <sub>1</sub>			Φ <sub>2</sub>			Φ <sub>n</sub>		
	Показатели								
	Π <sub>1</sub> <sup>Φ</sup>	Π <sub>2</sub> <sup>Φ<sub>1</sub></sup>	Π <sub>j</sub> <sup>Φ<sub>1</sub></sup>	Π <sub>1</sub> <sup>Φ<sub>2</sub></sup>	Π <sub>2</sub> <sup>Φ<sub>2</sub></sup>	Π <sub>j</sub> <sup>Φ<sub>2</sub></sup>	Π <sub>1</sub> <sup>Φ<sub>n</sub></sup>	Π <sub>2</sub> <sup>Φ<sub>n</sub></sup>	Π <sub>j</sub> <sup>Φ<sub>n</sub></sup>
O <sub>1</sub>	a <sub>11</sub> <sup>H</sup>	a <sub>12</sub> <sup>H</sup>	a <sub>1j</sub> <sup>H</sup>	a <sub>11</sub> <sup>H</sup>	a <sub>12</sub> <sup>H</sup>	a <sub>1j</sub> <sup>H</sup>	a <sub>11</sub> <sup>H</sup>	a <sub>12</sub> <sup>H</sup>	a <sub>1j</sub> <sup>H</sup>
O <sub>2</sub>	a <sub>21</sub> <sup>H</sup>	a <sub>22</sub> <sup>H</sup>	a <sub>2j</sub> <sup>H</sup>	a <sub>21</sub> <sup>H</sup>	a <sub>22</sub> <sup>H</sup>	a <sub>2j</sub> <sup>H</sup>	a <sub>21</sub> <sup>H</sup>	a <sub>22</sub> <sup>H</sup>	a <sub>2j</sub> <sup>H</sup>
O <sub>n</sub>	a <sub>n1</sub> <sup>H</sup>	a <sub>n2</sub> <sup>H</sup>	a <sub>nj</sub> <sup>H</sup>	a <sub>n1</sub> <sup>H</sup>	a <sub>n2</sub> <sup>H</sup>	a <sub>nj</sub> <sup>H</sup>	a <sub>n1</sub> <sup>H</sup>	a <sub>n2</sub> <sup>H</sup>	a <sub>nj</sub> <sup>H</sup>

Третьим этапом является расчет весового коэффициента, который отражает вес каждого показателя в итоговой оценке или значимость показателей по отношению друг к другу по формуле:

$$K_{vi} = \frac{\lambda_j}{\lambda}, \quad (4)$$

где  $K_{vi}$  – весовой коэффициент  $j$ -го показателя  $n$ -го фактора;  $\lambda_j$  – собственный вектор  $j$ -го показателя;  $\lambda$  – суммарный вектор собственных векторов показателей. Собственный вектор – это понятие в линейной алгебре, которое характеризует свойства оператора без привязки к конкретной системе координат. Вычисление собственного вектора осуществляется по формуле:

$$\lambda_j = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{nj}^H}. \quad (5)$$

Вычисление суммарного вектора представляется как сумма собственных векторов по всем показателям:

$$\lambda = \sum_{j=1}^n \lambda_j. \quad (6)$$

После вычисления весового коэффициента необходимо повторно скорректировать значения оценочной матрицы:

$$a_{nj}^{H2} = a_{nj} * K_{vi}. \quad (7)$$

Скорректированная матрица оценки будет иметь следующий вид, представленный в табл. 4.

Таблица 4

**Повторно скорректированная оценочная матрица потенциального месторасположения транспортно-логистических объектов**

Объект исследования	Факторы								
	Φ <sub>1</sub>			Φ <sub>2</sub>			Φ <sub>n</sub>		
	Показатели								
	Π <sub>1</sub> <sup>Φ</sup>	Π <sub>2</sub> <sup>Φ<sub>1</sub></sup>	Π <sub>j</sub> <sup>Φ<sub>1</sub></sup>	Π <sub>1</sub> <sup>Φ<sub>2</sub></sup>	Π <sub>2</sub> <sup>Φ<sub>2</sub></sup>	Π <sub>j</sub> <sup>Φ<sub>2</sub></sup>	Π <sub>1</sub> <sup>Φ<sub>n</sub></sup>	Π <sub>2</sub> <sup>Φ<sub>n</sub></sup>	Π <sub>j</sub> <sup>Φ<sub>n</sub></sup>
O <sub>1</sub>	a <sub>11</sub> <sup>H2</sup>	a <sub>12</sub> <sup>H2</sup>	a <sub>1j</sub> <sup>H2</sup>	a <sub>11</sub> <sup>H2</sup>	a <sub>12</sub> <sup>H2</sup>	a <sub>1j</sub> <sup>H2</sup>	a <sub>11</sub> <sup>H2</sup>	a <sub>12</sub> <sup>H2</sup>	a <sub>1j</sub> <sup>H2</sup>
O <sub>2</sub>	a <sub>21</sub> <sup>H2</sup>	a <sub>22</sub> <sup>H2</sup>	a <sub>2j</sub> <sup>H2</sup>	a <sub>21</sub> <sup>H2</sup>	a <sub>22</sub> <sup>H2</sup>	a <sub>2j</sub> <sup>H2</sup>	a <sub>21</sub> <sup>H2</sup>	a <sub>22</sub> <sup>H2</sup>	a <sub>2j</sub> <sup>H2</sup>
O <sub>n</sub>	a <sub>n1</sub> <sup>H2</sup>	a <sub>n2</sub> <sup>H2</sup>	a <sub>nj</sub> <sup>H2</sup>	a <sub>n1</sub> <sup>H2</sup>	a <sub>n2</sub> <sup>H2</sup>	a <sub>nj</sub> <sup>H2</sup>	a <sub>n1</sub> <sup>H2</sup>	a <sub>n2</sub> <sup>H2</sup>	a <sub>nj</sub> <sup>H2</sup>

Четвертым этапом расчетов будет являться расчет весовых коэффициентов факторов и индекса согласованности. Посредством повторно скорректированной матрицы (табл. 3) необходимо рассчитать собственные векторы показателей и суммарный вектор по факторам согласно формулам (5)–(6). Далее, используя формулу (4), необходимо рассчитать весовой коэффициент факторов и сформировать оценочную матрицу (табл. 5).

Таблица 5

**Оценочная матрица факторов, влияющих на выбор месторасположения транспортно-логистических объектов**

Объект исследования	Факторы		
	$\Phi_1$	$\Phi_2$	$\Phi_n$
$O_1$	$a_{11}^{\Phi_1}$	$a_{11}^{\Phi_2}$	$a_{11}^{\Phi_n}$
$O_2$	$a_{21}^{\Phi_1}$	$a_{21}^{\Phi_2}$	$a_{21}^{\Phi_n}$
$O_n$	$a_{n1}^{\Phi_1}$	$a_{n2}^{\Phi_2}$	$a_{nn}^{\Phi_n}$

$$a_{nj}^{\Phi_n} = \sum_{j=1}^n a_{nj}^{H2} * K_{vi}^{\Phi_n}, \quad (8)$$

где  $a_{nj}^{\Phi_n}$  – оценка  $n$ -го фактора  $n$ -го объекта с учетом весового коэффициента;  $a_{nj}^{H2}$  – скорректированная оценка  $j$ -го показателя  $n$ -го фактора с учетом весового коэффициента;  $K_{vi}^{\Phi_n}$  – весовой коэффициент  $n$ -го фактора.

После оценки факторов происходит вычисление комплексного индекса:

$$I_n = \sum a_{nj}^{\Phi_n}. \quad (9)$$

Пятым этапом вычислений будет расчет индекса согласованности, отражающего согласованность производимых вычислений:

$$S = \frac{\overline{\lambda_{max}} - n}{n-1}, \quad (10)$$

где  $\lambda_{max}$  – максимальное значение матрицы;  $n$  – количество рассматриваемых объектов. Максимальное собственное значение матрицы определяется посредством умножения матриц. Для корректного расчета индекса согласованности необходимо, чтобы количество оцениваемых объектов и рассматриваемых факторов было равно.

$$\lambda_{max} = \begin{pmatrix} a_{11}^{\Phi_1} & a_{11}^{\Phi_1} & a_{n1}^{\Phi_n} \\ a_{21}^{\Phi_1} & a_{21}^{\Phi_1} & a_{n1}^{\Phi_n} \\ a_{n1}^{\Phi_1} & a_{n2}^{\Phi_2} & a_{nn}^{\Phi_n} \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} K_{vi}^{\Phi_1} \\ K_{vi}^{\Phi_2} \\ K_{vi}^{\Phi_n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \lambda_{1max}^{\Phi_1} \\ \lambda_{2max}^{\Phi_2} \\ \lambda_{nmax}^{\Phi_n} \end{pmatrix}. \quad (11)$$

По итогам вычисления двух массивов данных будет получена вектор-матрица, которую необходимо трансформировать в численное значение, для этого необходимо определить среднее арифметическое значение:

$$\overline{\lambda_{max}} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{\lambda_{max}^{\Phi_n}}{K_{vi}^{\Phi_n}}}{n}, \quad (12)$$

где  $\sum_{i=1}^n \frac{\lambda_{max}^{\Phi_n}}{K_{vi}^{\Phi_n}}$  – сумма отношений максимального показателя вектора к весовому коэффициенту показателя;  $n$  – количество рассматриваемых объектов.

Определив индекс согласованности, необходимо сравнить его значение со шкалой Марголина (табл. 6), отражающей степень согласованности. В соответствии с полученным значением, при высокой степени согласованности, оценку можно будет использовать в сравнительном анализе, при низкой степени согласованности расчет необходимо будет повторить.

Таблица 6

Диапазон допустимых отклонений при оценке согласованности мнений

Диапазон сравнения	Степень согласованности
$0 \leq S < 0,1$	Очень высокая
$0,1 \leq S < 0,3$	Высокая
$0,3 \leq S < 0,5$	Умеренная
$0,5 \leq S < 0,7$	Слабая
$0,7 \leq S < 0,9$	Очень слабая
$0,9 \leq S \leq 1$	Отсутствует

Метод факторно-аналитической оценки позволяет провести разностороннюю оценку потенциальных мест расположения транспортно-логистических объектов, сформировать матрицу, отражающую степень развития и перечень потенциальных мест для размещения транспортно-логистических объектов.

### Выводы

По результатам работы факторно-аналитический метод был применен для оценки регионов на рациональность размещения транспортно-логистического объекта. Объектом исследования выступили восемь регионов страны. Выбор регионов России также обоснован необходимостью сравнения Дальневосточного округа по отношению к другим регионам. В настоящий момент нет открытой статистики по пунктам пропуска и приграничным территориям, поэтому проверить работоспособность разработанного метода на реальных объектах с получением достоверных результатов не представляется возможным. Проведенный анализ позволил определить потенциальные области для последующего развития в условиях увеличивающегося грузо- и пассажиропотоков. Оценка производилась по 44 показателям [16–20], разделенных на восемь факторов. По итогам вычислений был рассчитан комплексный

показатель развития регионов и индекс согласованности. Индекс согласованности составил 0,09, и в соответствии со шкалой Марголина может быть охарактеризован как «очень высокий», что отражает правильность проведенных расчетов. Конечный результат расчетов комплексного индекса сведен в табл. 7.

Таблица 7

### Результаты реализации метода факторно-аналитической оценки регионов

Регион	Инфраструктурный	Социально-демографический	Географический	Экономический	Геополитический	Технологический	Природно-климатический	Стратегический	Комплексный показатель
Центральный	0,186	0,222	0,088	0,128	0,061	0,089	0,072	0,113	0,959
Северо-Западный	0,116	0,191	0,076	0,088	0,056	0,069	0,046	0,107	0,748
Южный	0,115	0,173	0,058	0,096	0,061	0,075	0,056	0,105	0,740
Приволжский	0,128	0,200	0,093	0,108	0,038	0,094	0,057	0,116	0,833
Уральский	0,105	0,218	0,050	0,087	0,024	0,083	0,061	0,104	0,732
Сибирский	0,090	0,211	0,052	0,109	0,028	0,064	0,061	0,062	0,676
Дальневосточный	0,099	0,178	0,042	0,085	0,042	0,054	0,068	0,095	0,663
Северо-Кавказский	0,128	0,130	0,043	0,055	0,028	0,029	0,055	0,078	0,546

На основе полученных результатов в табл. 7 была сформирована линейчатая диаграмма, графически отражающая результаты расчета (рис. 2). Результаты показывают, что наиболее развитым регионом является Центральный, а наименее – Северо-Кавказский. На основе полученных данных можно провести комплексную оценку регионов. В сочетании с методами прогнозирования возможно проанализировать развитие региона в определенной области в течение нескольких лет и спрогнозировать последующие результаты. В рамках данного исследования это позволит руководителям получить наглядное представление о функционировании региона и предпринять действия по ликвидации проблемных мест и их последующему усовершенствованию [21].

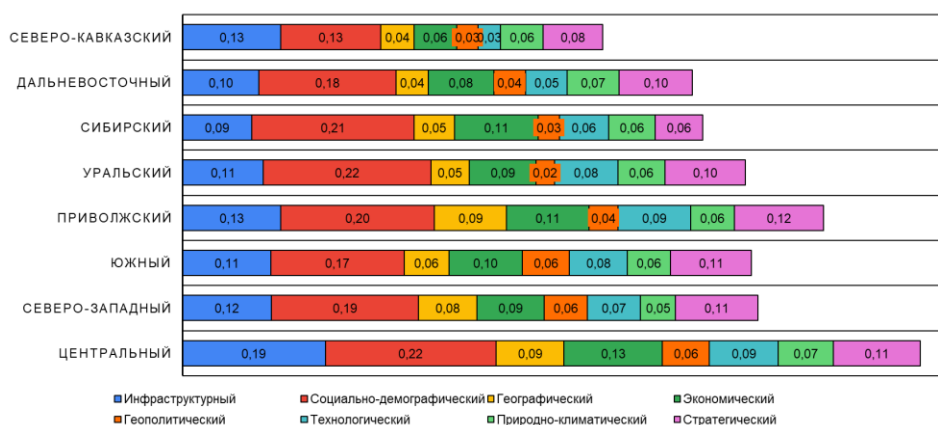


Рис. 2. Графическое представление результатов оценки



На диаграмме представлены результаты анализа, отражающие территориальные особенности развития регионов в соответствии с факторными индексами. Величина индекса отражает степень развития в определенной области и помогает определить проблемные области. Наименее развитой областью является геополитический фактор, а наиболее – социально-демографический. Важно учитывать выделенные факторы при принятии решений, каждый из них отражает различные аспекты развития местности и на них необходимо ориентироваться потенциальным инвесторам. Потенциальным местом для размещения ТЛЦ станет наиболее сбалансированная по факторам область, которая также имеет перспективы к дальнейшему развитию.

При проектировании и эксплуатации транспортно-логистических объектов требуется произвести оценку местности для выбора наиболее оптимального и рационального места расположения. Выявленные факторы также окажут влияние на структурно-функциональные характеристики проектируемого ТЛЦ [22]. В работе были рассмотрены методы, используемые в исследованиях, посвященных выбору и оценке потенциальных мест для размещения транспортно-логистических объектов, проведен их сравнительный анализ. На основе анализа был сформирован метод факторно-аналитической оценки. Предложенный метод позволит провести комплексный анализ деятельности местности посредством выделенных факторов. Последующим развитием исследования в данном направлении может стать выявление критериев выбора места для размещения трансграничного объекта с последующим зонированием территории и перекрёстным сравнением методом факторно-аналитической оценки.

### Список литературы

1 Транспортно-логистические системы в условиях системных изменений в экономике / Э. А. Мамаев, А. Н. Гуда, В. А. Финоченко, К. А. Годованый // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2022. – № 2 (86). – С. 145–154. – DOI 10.46973/0201-727X\_2022\_2\_145.

2 **Король, Р. Г.** Распределение грузопотоков в системе пограничных пунктов пропуска транспортного коридора «Приморье-2» / Р. Г. Король, А. С. Акельев // Наука и техника транспорта. – 2023. – № 3. – С. 52–59. – ISSN 2074-9325.

3 **Володькин, П. П.** Перспективы развития транспортной системы в дальневосточном регионе / П. П. Володькин // Транспортные и транспортно-технологические системы : материалы Международной научно-технической конференции : Тюменский индустриальный университет. Тюмень, 2021. – С. 43–46. – ISBN 978-5-9961-2631-6.

4 **Подолінная, С. Д.** Факторный анализ научных исследований, рассматривающих выбор месторасположения объекта терминально-логистической инфраструктуры / С. Д. Подолінная // Управление эксплуатационной работой на транспорте (УЭРТ-2024) : сборник трудов II Международной научно-практической конференции ; Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I. – Санкт-Петербург, 2024. – С. 82–85. – ISBN 978-5-7641-2019-5.

5 **Король, Р. Г.** Развитие терминально-логистической инфраструктуры арктических и северо-восточных регионов Дальнего Востока / Р. Г. Король // Вестник транспорта Поволжья. – 2022. – № 6 (96). – С. 84–92. – ISSN 1997-0722.

### References

1 Transport and logistics systems in the context of systemic changes in the economy / E. A. Mamaev, A. N. Guda, V. A. Finochenko, K. A. Godovany // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putej Soobshcheniya. – 2022. – No. 2 (86). – P. 145–154. – DOI 10.46973/0201-727X\_2022\_2\_145.

2 **Korol, R. G.** Distribution of freight flows in border checkpoint system of Primorye-2 transport corridor / R. G. Korol, A. S. Akeliev // Science and Technology in Transport. – 2023. – No. 3. – P. 52–59. – ISSN 2074-9325.

3 **Volodkin, P. P.** Prospects for the Development of the Transport System in the Far Eastern Region / P. P. Volodkin // Transport and Transport-Technological Systems : Proc. of the Int. scientific-tech. conf. : Industrial University of Tyumen. Tyumen, 2021. – P. 43–46. – ISBN 978-5-9961-2631-6.

4 **Podolinnaya, S. D.** Factor analysis of scientific studies considering the choice of location of a terminal and logistics infrastructure facility / S. D. Podolinnaya // Management of operational work in transport (UERT-2024) : Coll. proc. II Int. scientific-practical. conf. ; Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University. – Saint Petersburg, 2024. – P. 82–85. – ISBN 978-5-7641-2019-5.

5 **Korol, R. G.** Development of terminal and logistics infrastructure of the Arctic and north-eastern regions of the Far East / R. G. Korol // Vestnik transporta Povolzhya. – 2022. – No. 6 (96). – P. 84–92. – ISSN 1997-0722.

6 **Пугачев, И. Н.** Развитие транспортно-логистического комплекса Дальневосточного региона России / И. Н. Пугачев, Р. Г. Король, Н. С. Нестерова // Транспорт Азиатско-Тихоокеанского региона. – 2022. – № 4 (33). – С. 25–34. – ISSN 2415-8658.

7 Формирование узловых мультимодальных транспортно-логистических центров / С. Э. Ольховиков, Е. А. Петренева, И. Н. Кагадий, О. Б. Шерстобитова // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 1 (89). – С. 106–118. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_1\_106.

8 Факторно-аналитический метод поиска места размещения объектов терминальной инфраструктуры / С. Д. Подолинная, С. П. Дроздов, Ф. А. Колодкин, Ю. С. Серикова // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке : труды Всероссийской научно-практической конференции творческой молодежи с международным участием. В 2 т. Т. 1. – Хабаровск, 2024. – С. 148–152. – ISBN 978-5-262-00974-9.

9 **Апатцев, В. И.** Оценка факторов, влияющих на выбор оптимального месторасположения объектов логистической инфраструктуры / В. И. Апатцев, И. М. Басыров // Наука и техника транспорта. – 2017. – № 1. – С. 33–37. – ISSN 2074-9325.

10 **Бардаль, А. Б.** Методика определения расположения логистических центров (на примере Дальнего Востока России) / А. Б. Бардаль, М. А. Сигитова // Вестник Тихоокеанского государственного университета. – 2019. – № 3 (54). – С. 91–98. – ISSN 1996-3440.

11 К вопросу о размещении транспортно-логистических центров на приграничных территориях Российской Федерации / Р. Ю. Упырь, А. В. Дудакова, И. А. Чубарова, Н. Ю. Гончарова // Транспорт : наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2024. – № 8. – С. 15–24. – DOI 10.36535/0236-1914-2024-08-3.

12 **Москвичев, О. В.** Системный анализ математических моделей размещения транспортно-логистических объектов различного уровня / О. В. Москвичев, Е. Е. Москвичева // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2022. – Т. 81, № 3. – С. 267–276. – DOI 10.21780/2223-9731-2022-81-3-267-276.

13 **Ларин, О. Н.** Алгоритмы размещения терминалов в транспортной сети / О. Н. Ларин, А. В. Боков, М. А. Кoryтова // Университетские чтения – 2024 : материалы Всероссийской кон-

6 **Pugachev, I. N.** Development of transport and logistics complex of the Far Eastern regions of Russia / I. N. Pugachev, R. G. Korol, N. S. Nesterova // Transport of the Asia-Pacific region. – 2022. – No. 4 (33). – P. 25–34. – ISSN 2415-8658.

7 Formation of nodal multimodal transport and logistics centers / S. E. Olkhovikov, E. A. Petrenева, I. N. Kagadiy, O B. Sherstobitova // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putej Soobshcheniya. – 2023. – No. 1 (89). – P. 106–118. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_1\_106.

8 Factor-analytical method for finding the location of terminal infrastructure facilities / S. D. Podolin-naya, S. P. Drozdov, F. A. Kolodkin, Yu. S. Serikova // Scientific, technical and economic cooperation of the Asia-Pacific countries in the 21st century : Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference of creative youth with international participation. In 2 volumes. V. 1. – Khabarovsk, 2024. – P. 148–152. – ISBN 978-5-262-00974-9.

9 **Apattsev, V. I.** Assessment of factors influencing the choice of the optimal location of logistics infrastructure facilities / V. I. Apattsev, I. M. Basyrov // Science and Technology in Transport. – 2017. – No. 1. – P. 33–37. – ISSN 2074-9325.

10 **Bardal, A. B.** Methodology for determining the location of logistics centers (on the example of the Far East of Russia) / A. B. Bardal, M. A. Sigitova // Bulletin of Pacific national university. – 2019. – No. 3 (54). – P. 91–98. – ISSN 1996-3440.

11 On the issue of placing transport and logistics centers in the border areas of the Russian Federation / R. Yu. Upyr, A. V. Dudakova, I. A. Chubarova, N. Yu. Goncharova // Transport : science, technology, management. Scientific information collection. – 2024. – No. 8. – P. 15–24. – DOI 10.36535/0236-1914-2024-08-3.

12 **Moskvichev, O. V.** System analysis of mathematical models for the placement of transport and logistics facilities of different levels / O. V. Moskvichev, E. E. Moskvicheva // Russian railway science journal. – 2022. – Vol. 81, No. 3. – P. 267–276. – DOI 10.21780/2223-9731-2022-81-3-267-276.

13 **Larin, O. N.** Algorithms for terminal placement in the transport network / O. N. Larin, A. V. Bokov, M. A. Korytova // University Readings – 2024 : proceedings of the All-Russian Conference with international students : Pyatigorsk State University. Pyatigorsk, 2024. – P. 84–90. – EDN LZAQRI.

ференции с международным участием : Пятигорский государственный университет. Пятигорск, 2024. – С. 84–90. – EDN LZAQRI.

14 **Илесалиев, Д. И.** К вопросу о наиболее рациональном размещении грузовых терминалов / Д. И. Илесалиев, Е. К. Коровяковский // Транспорт : проблемы, идеи, перспективы : сборник трудов LXXVI Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых : Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I. – Санкт-Петербург, 2016. – С. 162–166. – EDN WIYBTP.

15 **Подолинная, С. Д.** Определение места размещения транспортно-логистического объекта в особых экономико-географических зонах / С. Д. Подолинная, Р. Г. Король // Транспорт Урала. – 2024. – № 4 (83). – С. 69–75. – DOI 10.20291/1815-9400-2024-4-69-75.

16 Российский статистический ежегодник. – 2023 : стат. сборник / Росстат. – Москва, 2023. – 701 с.

17 Российский статистический ежегодник. – 2024 : статистический сборник / Росстат. – Москва, 2024. – 630 с.

18 Регионы России. Основные характеристики субъектов Российской Федерации. – 2023 : статистический сборник / Росстат. – Москва, 2023. – 853 с.

19 Демографический ежегодник России. 2023 : статистический сборник / Росстат. – Москва, 2023. – 256 с.

20 Федеральная служба государственной статистики. – URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 20.02.2025).

21 **Лакхметкина, Н. Ю.** Анализ рисков при обосновании проекта транспортно-логистического центра / Н. Ю. Лакхметкина // Логистические системы в глобальной экономике. – 2023. – № 13. – С. 109–112. – EDN KNZNKL.

22 Конфигурирование терминально-складской инфраструктуры транспортного узла на основе развития метода экономико-географического разграничения грузопотоков / О. Н. Числов, В. А. Богачев, В. В. Трапенов [и др.] // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2022. – Т. 19, № 4. – С. 800–811. – DOI 10.20295/1815-588X-2022-4-800-811.

14 **Ilesaliev, D. I.** On the issue of the most rational placement of cargo terminals / D. I. Ilesaliev, E. K. Korovyakovsky // Transport : problems, ideas, prospects : collection of works. LXXVI All-Russian scientific and technical conference : Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University. – Saint Petersburg, 2016. – P. 162–166. – EDN WIYBTP.

15 **Podolinnaya, S. D.** Determining the location for transport and logistics facility in special economic and geographical zones / S. D. Podolinnaya, R. G. Korol // Transport of the Urals. – 2024. – No. 4 (83). – P. 69–75. – DOI 10.20291/1815-9400-2024-4-69-75.

16 Russian Statistical Yearbook. – 2023 : statistical collection / Rosstat. – Moscow, 2023. – 701 p.

17 Russian Statistical Yearbook. – 2024 : statistical collection / Rosstat. – Moscow, 2024. – 630 p.

18 Regions of Russia. The main characteristics of the subjects of the Russian Federation. – 2023 : statistical collection / Rosstat. – Moscow, 2023. – 853 p.

19 Demographic Yearbook of Russia. – 2023 : statistical collection / Rosstat. – Moscow, 2023. – 256 p.

20 Federal State Statistics Service. – URL: <https://rosstat.gov.ru/> (date of access: 02/20/2025).

21 **Lakhmetkina, N. Yu.** Risk analysis in substantiation of the project of a transport and logistics center / N. Yu. Lakhmetkina // Logistics systems in the global economy. – 2023. – No. 13. – P. 109–112. – EDN KNZNKL.

22 Configuring the thermal and warehouse infrastructure of a transportation hub based on the development of the method of economic and geographical differentiation of cargo flows / O. N. Chislov, V. A. Bogachev, V. V. Trapenov [et al.] // Proceedings of Petersburg Transport University. – 2022. – Vol. 19, No. 4. – P. 800–811. – DOI 10.20295/1815-588X-2022-4-800-811.

*S. D. Podolinnaya, R. G. Korol*

## THE METHOD OF FACTOR-ANALYTICAL ASSESSMENT OF POTENTIAL LOCATIONS OF TRANSPORT AND LOGISTICS FACILITIES

**Abstract.** Research aimed at selecting and evaluating potential locations for transport and logistics facilities is of paramount importance in the context of the active development of the transport and logistics complex in the Far East. Today, the modernization of the transport

infrastructure is actively underway, port facilities and cross-border crossings are being strengthened, so new approaches need to be developed to select locations for transport and logistics centers. The aim of the work is to develop a method for factor-analytical assessment of locations of transport and logistics facilities, as well as its testing at the regional level. The objectives of the research include the analysis of existing methods for choosing the location of a transport and logistics facility, a description of the factors influencing the choice of location and the formation of a factor-analytical assessment method. Theoretical and empirical research methods were used. The article considers additional factors influencing the choice of an object's location, and describes in detail the stages of assessing the locations of transport and logistics facilities.

**Keywords:** cross-border transport and logistics facility, factor analysis method, location assessment, transport and logistics center.

**For citation:** Podolinnaya, S. D. The method of factor-analytical assessment of potential locations of transport and logistics facilities / S. D. Podolinnaya, R. G. Korol // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putej Soobshcheniya. – 2025. – No. 2. – P. 231–242. – DOI 10.46973/0201–727X\_2025\_2\_231.

#### Сведения об авторах

**Подолинная София Дмитриевна**

Дальневосточный государственный  
университет путей сообщения (ДВГУПС),  
кафедра «Управление процессами перевозок»,  
аспирант,  
e-mail: sofiyka\_44@mail.ru

**Король Роман Григорьевич**

Дальневосточный государственный  
университет путей сообщения (ДВГУПС),  
кафедра «Управление процессами перевозок»,  
кандидат технических наук, доцент,  
e-mail: kingkhv27@mail.ru

#### Information about the authors

**Podolinnaya Sofia Dmitrievna**

Far Eastern State Transport University (FESTU),  
Chair “Transportation process management”,  
Postgraduate Student,  
e-mail: sofiyka\_44@mail.ru

**Korol Roman Grigorievich**

Far Eastern State Transport University (FESTU),  
Chair “Transportation process management”,  
Candidate of Engineering Sciences,  
Associate Professor,  
e-mail: kingkhv27@mail.ru