УДК: 658.5
DOI: 10.48612/NewsKSUAE/72.20
EDN: NIFCKQ

Метод оценки качества проектов транспортных сооружений

М.В. Петроченко[1]
[1]Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Аннотация: *Постановка задачи*. Для оценки качества проекта транспортного сооружения требуется совместный анализ многих разнородных показателей технико-экономических характеристик и транспортно-эксплуатационных свойств объекта транспортного строительства. Разнородные показатели затрудняют оценку качества проекта транспортного сооружения, а существующие методы оценки качества не учитывают стохастический и нестационарный характер состава и интенсивности транспортных потоков. Чтобы избежать этих трудностей при решении поставленной задачи целесообразно воспользоваться методом таксономического анализа. *Цель работы* заключается в разработке метода, позволяющего решить задачу многопараметрической оценки качества проекта транспортного сооружения. *Задачами исследования* являются: анализ существующих методов оценки качества, оценка их преимуществ и недостатков; разработка требований, предъявляемых к методу оценки качества; раскрытие сущности и особенностей применения метода оценки качества проекта транспортного сооружения. *Результаты*. Предлагаемый подход к оценке качества проектов позволяет осуществить выбор эталонного проекта и установления степени сходства планируемого к строительству транспортного сооружения с эталоном.
Выводы. Использование метода таксономического анализа позволяет успешно решать задачу многопараметрической оценки качества проекта транспортного сооружения. Эффективность анализа повышается при увеличении числа разнородных независимых показателей качества, что соответствует требованиям системного подхода к оценке качества.

Ключевые слова: качество, показатель качества, метод оценки качества, качество проекта транспортного сооружения, таксономический анализ

Для цитирования: Петроченко М.В. Метод оценки качества проектов транспортных сооружений // Известия КГАСУ, 2025, № 2(72), с. 221-231, DOI: 10.48612/NewsKSUAE/72.20, EDN: NIFCKQ

The method of assessing the quality of transport facilities projects

M. V. Petrochenko[1]
[1]Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russian Federation

Abstract. *Problem statement*. To assess the quality of a transport facility project, a joint analysis of many heterogeneous indicators of technical and economic characteristics and transport and operational properties of a transport construction project is required. Heterogeneous indicators complicate the assessment of the quality of a transport facility project, and existing quality assessment methods do not consider the stochastic and non-stationary nature of the composition and intensity of traffic flows. To avoid these difficulties when solving

the problem, it is advisable to use the taxonomic analysis method. *The purpose of the work* is to develop a method for solving the problem of multiparameter assessment of the quality of a transport facility project. *The objectives of the study* are analysis of existing quality assessment methods, assessment of their advantages and disadvantages; development of requirements for the quality assessment method; disclosure of the essence and features of the application of the method for assessing the quality of a transport facility project. *Results.* The proposed approach to assessing the quality of projects allows choosing a reference object (project) and establishing the degree of similarity of the transport facility planned for construction with the reference. *Conclusions.* Using the taxonomic analysis method allows successfully solving the problem of multiparameter assessment of the quality of a transport facility project. The efficiency of the analysis increases with an increase in the number of heterogeneous independent quality indicators, which meets the requirements of a systematic approach to quality assessment.

Keywords: quality, quality indicator, quality assessment method, quality of transport facility project, taxonomic analysis

For citation: Petrochenko M.V. The method of assessing the quality of transport facilities projects // News of KSUAE, 2025, № 2(72), p. 221-231, DOI: 10.48612/NewsKSUAE/72.20, EDN: NIFCKQ

1. Введение

Развитие транспортной системы Российской Федерации является одной из приоритетных задач государственной деятельности, а проектирование транспортных сооружений выступает важнейшим этапом реализации транспортной стратегии, федеральных и региональных программ развития транспортно-логистических систем и центров. В стратегии подчеркнута существенная роль транспортной инфраструктуры в экономике и социальной сфере, что является решающим фактором для улучшения уровня жизни россиян и позволит обеспечить России достойное место в мировом содружестве государств [1, 2]. Качественно спроектированные транспортные сооружения обеспечивают безопасность, надежность, требуемую пропускную способность участков дорог, экономичность автомобильных перевозок [3]. Решение проблемы безопасности и надежности является комплексной, технико-экономической задачей повышения качества транспортного строительства. Практически всегда более выгодно обеспечить высокую надежность сооружения на стадии его проектирования, чем поддерживать необходимые показатели качества в процессе эксплуатации многочисленными ремонтами. Совершенствование подвижного состава автомобильного транспорта, рост уровня автомобилизации населения, объективная необходимость развития экономики привели к увеличению масштаба и сложности проектов транспортных сооружений, а следовательно, и требований к их качеству.

Оценка качества проекта транспортного сооружения имеет существенные отличия от оценки качества проектов промышленных и гражданских зданий и сооружений [4, 5]. Прежде всего это социально-экономическая значимость транспортных сооружений и обеспечение территориальной целостности государства, региональных связей, несравнимо большая капиталоемкость, длительные сроки окупаемости, стохастический и нестационарный характер состава и интенсивности транспортных потоков с увеличением транспортных нагрузок. Эксплуатационные свойства транспортных сооружений с течением времени снижаются, что требует учета стабильности показателей качества во времени. Поэтому оценку качества проекта транспортного сооружения следует выполнять на основе показателей, отражающих особенности транспортного строительства. Обоснование этих показателей является одним из основных вопросов в постановке задачи по оценке качества проектов транспортных сооружений. Современные теоретические исследования и накопленный в строительстве опыт показывают, что необходима количественная форма выражения оценки качества проектов транспортных сооружений.

В научной литературе, теории и практике используются следующие методы оценки качества проектов: построение экспертной системы [6], корреляционно-регрессионный

анализ [7], гистограммы, диаграммы Исикавы, диаграммы Парето, контрольные карты [8], применяется теория распознавания образов [9], методы квалиметрии [10] и многокритериальной оптимизации [11] и др. Преимущества и недостатки указанных методов сведены в табл. 1.

Таблица 1

Преимущества и недостатки методов оценки качества

Название метода	Преимущества метода	Недостатки метода
Построение экспертной системы	- наиболее простой метод; - практически единственно возможный метод при дифференциальной схеме принятия решения для показателей эргономичности и эстетических показателей качества.	- не должен использоваться, если качество можно оценить другими методами с большей точностью или с меньшими затратами.
Корреляционно-регрессионный анализ	- простота использования; - наглядность результатов; - повышение точности анализа; - исследование значимости параметров связи и их интервальная оценка.	- зависимость от временного признака; - зависит от выбора математической модели; ошибки в выборке и измерении.
Гистограмма	- простота использования и применения; - наглядность результатов; - позволяет легко найти пути решения проблемы.	- отсутствует достоверность данных для моделей, построенных по малым выборкам.
Диаграмма Исикавы	- простота использования и применение; - основа для обсуждения разнообразных причин возникновения проблемы; - позволяет группировать причины в самостоятельные категории.	- достаточно нечеткий и объемный метод; - нельзя представить причинно-следственные связи в соединении друг с другом
Диаграмма Парето	- простота использования и применение; - в первую очередь устраняются наиболее значимые проблемы.	- сложно оценить значимость проблем, если не учитывается стоимость последствий.
Контрольная карта	- при наличии значимых проблем принимается решение до того, как начнется выпуск дефектной продукции; - позволяет улучшить показатели качества.	- сложность выбора типа контрольных карт.
Теория распознавания образов	- распознавание образов решает проблемы классификации; - позволяет глубоко и широко применять современные методы и системы автоматизации	- высокая зависимость результатов от расстояния (метрики); - вычислительная трудоемкость.
Методы квалиметрии	- объективное установление уровня качества.	- большая трудоемкость (экспертный метод); - технологическая сложность и трудоемкость (аналитические методы).
Методы многокритериальной оптимизации	- предназначены для обоснования способов синтеза интегрального критерия из частных, зачастую разнонаправленных и разно размерных критериев.	- постановка задачи, выбор и порядок оптимизации критериев влияют на результат.

Анализ их преимуществ и недостатков позволяет сделать вывод о том, что существующие подходы к оценке качества проектов имеют достаточно общий характер и не учитывают специфики проектирования, предназначения и эксплуатации транспортных сооружений. Требуется их совершенствование и развитие, позволяющее учесть особенности нагрузок, транспортно-эксплуатационные показатели качества, потребительские свойства объектов транспортного строительства.

Поэтому необходимо вначале рассмотреть требования к методам оценки качества с учетом специфики проектов транспортных сооружений, а далее раскрыть сущность, предназначение, содержание и особенности применения предлагаемого метода.

Анализ исследований в области управления качеством строительства [12] и особенностей оценки качества транспортных сооружений [13, 14] позволил выявить следующие требования:

1) *нетрудоемкость*, то есть разработка методов, отличающихся простотой при достижении требуемой достоверности оценки качества проектов транспортных сооружений;

2) *оперативность,* то есть разработка методов, позволяющих оперативно проводить оценку качества проектов транспортных сооружений на стадии проектирования;

3) *улучшаемость,* то есть разработка методов, имеющих возможность совершенствования метода оценки качества проектов транспортных сооружений с целью повышения удобства их использования и достоверности результатов оценки;

4) *количественность,* то есть разработка методов, имеющих количественную форму выражения результатов оценки качества проектов транспортных сооружений, желательно в шкале отношений;

5) *одинаковость,* то есть разработка методов, позволяющих сопоставить друг с другом результаты значений показателей качества различных проектов транспортных сооружений;

6) *глобальность,* то есть разработка методов оценки качества проектов транспортных сооружений, подразумевающих соответствие интересам оптимального развития общества;

7) *гибкость,* то есть разработка методов, позволяющих обеспечивать выбор по разным показателям качества проектов транспортных сооружений, в том числе сравнение вариантов по свойствам, составляющим качество;

8) *единственность,* то есть разработка методов, позволяющих оценить качество проектов транспортных сооружений по единственному критерию, при этом характеризующих качество проекта свойств может быть много;

9) *сравнимость,* то есть разработка методов, учитывающих значения показателей качества по каждому варианту проекта транспортного сооружения с целью обеспечения сопоставимости проектов;

10) *воспроизводимость,* то есть разработка методов, обеспечивающих гарантию, что результаты эксперимента, проводимого в аналогичных условиях, разными исследователями, в разное время, будут одинаковыми;

11) *всесторонность,* то есть разработка методов, рассматриваемых качество проекта транспортного сооружения как совокупность различных свойств, имеющих значение для потребителя проекта;

12) *чувствительность,* то есть разработка методов, учитывающих изменение показателя качества проекта транспортного сооружения при изменении значений отдельных, характеризующих его показателей свойств;

13) *монотонность,* то есть разработка методов, рассматриваемых показатель качества проекта транспортного сооружения как монотонную функцию от показателей отдельных свойств, характеризующих проект;

14) *точность,* то есть разработка методов, позволяющих обеспечить точность определения значения показателя качества проекта транспортного сооружения, сравнимую с точностью обычных технических расчетов;

15) *возможность оценить экономичность* и экономические показатели возводимого по предложенному проекту сооружения.

Для разработки предлагаемого метода оценки качества проекта транспортного сооружения необходимо сформировать систему показателей качества и способы их расчета, позволяющие всесторонне оценить проект транспортного сооружения. В системе показателей качества можно выделить следующие группы параметров проекта: транспортно-эксплуатационные, безопасности и надежности, экологичности, экономической эффективности [15, 16]. Каждая из групп включает частные показатели качества. Нормативными документами технического регулирования[1] предусматриваются определяющие показатели качества: безопасность [17], надежность [18], функциональное предназначение. Поэтому при выборе показателей качества можно опираться на документы нормативно-технического регулирования, а также дополнять определяющие показатели качества проекта исходя из целей строительства транспортного сооружения.

Существующие методы оценки качества проектов не учитывают стохастический и нестационарный характер состава и интенсивности транспортных потоков. Также они не позволяют оценить качество проекта на всех стадиях жизненного цикла. Кроме этого, отсутствует возможность реализации процессного подхода к оценке качества. Большинство этих методов применимы лишь для оценки отдельных видов машиностроительной продукции. Их применение в «чистом» виде для оценки качества проектов транспортных сооружений невозможно. Поэтому необходимо совершенствование метода оценки качества проектов транспортных сооружений как по составу показателей качества, так и по методам их расчета, а также построения интегральных показателей, позволяющих учесть специфику проектирования, строительства и эксплуатации транспортных сооружений. Цель работы заключается в совершенствовании методов оценки качества строительных проектов, что позволяет решить задачу многопараметрической оценки качества проектов транспортных сооружений. Задачами исследования являются: анализ существующих методов оценки качества, оценка их преимуществ и недостатков; разработка требований, предъявляемых к методу оценки качества; раскрытие сущности и особенностей применения метода оценки качества проекта транспортного сооружения.

2. Материалы и методы

Математическая постановка задачи оценки качества проекта транспортного сооружения может быть сформулирована следующим образом. Пусть существует множество вариантов проектов транспортных сооружений n, которые могут быть практически реализованы и соответствуют задачам развития транспортной инфраструктуры. Рассматриваемое множество представляет собой некоторую выборку из генеральной совокупности N проектов ($n<N$), а множество показателей качества проекта m представляет собой некоторую выборку из генеральной совокупности M показателей качества ($m<M$). Требуется оценить качество разрабатываемого проекта транспортного сооружения, при этом уровень требуемого качества определяется на основе сравнения рассматриваемых проектов с эталонным проектом транспортного сооружения. Эталонным является «идеальный» с точки зрения целей анализа проект транспортного сооружения, которому соответствуют наилучшие значения выбранных показателей качества.

В большинстве случаев показатели качества противоречат и не согласуются друг с другом; они не сопоставимы между собой как по единицам измерения, так и по абсолютному значению величин. Разнородные показатели затрудняют оценку качества проекта транспортного сооружения. Чтобы избежать этих трудностей при решении поставленной задачи целесообразно воспользоваться методом таксономического анализа [19]. В основе таксономических оценок лежит следующая основная гипотеза [20]: чем ближе между собой значения признаков качества двух объектов, тем более близки свойства этих объектов. Следовательно, для оценки степени сходства или различия объектов нужно найти расстояние между объектами в условном пространстве количественных значений признаков по заданной метрике.

[1] Федеральный закон «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» от 30.12.2009 №384-ФЗ

Для оценки качества вариантов проектов с использованием таксономического анализа возможно использование следующего алгоритма:
- определение идеального проекта транспортного сооружения (эталонного варианта проекта), удовлетворяющего требованиям многопараметрического качества;
- нахождение расстояния каждого количественного параметра реального свойства проектируемого транспортного сооружения (объекта) до идеального состояния этого свойства у эталона;
- упорядочение всех многомерных свойств вариантов транспортного сооружения (объекта) по степени их близости к идеальным значениям свойств эталонного объекта и выбор лучшего варианта проекта по критерию многопараметрического качества, в качестве которого предлагается минимум расстояния до идеального состояния каждого свойства эталонного объекта.

3. Результаты и обсуждение

Рассмотрим n проектов (вариантов) транспортного сооружения $P_1, P_2, \ldots, P_n$. Для выбора лучшего имеется m количественных показателей качества $Q_1, Q_2, \ldots, Q_m$, они характеризуют степень предпочтений друг перед другом как точки m-мерного пространства с координатами q_{ij} (i=1, 2, …, n и j=1, 2, ..., m). Ранжирование проектов производится по расстоянию до установленного эталонного проекта P_o, имеющего наилучшие значения показателей (максимальные или минимальные значения в зависимости от характера предпочтения соответствующего показателя). Для составления рейтинга объектов достаточно вычисленные расстояния упорядочить в порядке убывания и поставить в соответствие каждому значению, а значит и каждому проекту P_i ранги 1, 2, …, n. Объект с рангом 1 и будет наилучшим.

Составим матрицу данных $[Q(q_{ij})]$ размера $[n \times m]$, задающую отношение «проект транспортного сооружения – показатель качества проекта», строки которой соответствуют проектам, а столбцы – показателям качества:

$$Q = \begin{bmatrix} q_{11} & q_{12} & \cdots & q_{1m} \\ q_{21} & q_{22} & \cdots & q_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ q_{n1} & q_{n2} & \cdots & q_{nm} \end{bmatrix}$$

Показатели качества проекта описывают разные характеристики проекта и являются случайными величинами. Случайность характеристик проекта обусловлена наличием неопределенности и влиянием случайных факторов на процесс реализации проекта транспортного сооружения (вероятностный характер и отсутствие полной достоверности исходных данных, изменяющаяся длительность работ и другие). Поэтому для проведения таксономического анализа выполним переход к нормированным (безразмерным) значениям показателей по формуле (1):

$$z_{ij} = \frac{q_{ij} - m_j}{\sigma_j},\ i = 1,2,...,n,\ j = 1,2,...,m, \tag{1}$$

где i – индекс варианта проекта транспортного сооружения; j – индекс показателя качества проекта транспортного сооружения; q_{ij} – значение j-го показателя качества для i-го варианта проекта; m_j – оценка математического ожидания значения показателя качества q_j; σ_j – оценка среднеквадратического отклонения показателя качества q_j.

Для каждого j-го показателя качества проекта найдем оценку математического ожидания m_j по формуле (2) и оценку среднеквадратического отклонения σ_j по формуле (3):

$$m_j = \overline{q_j} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} q_{ij},\ j = 1,2,...,m, \tag{2}$$

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(q_{ij} - m_j\right)^2},\ j = 1,2,...,m. \tag{3}$$

Произведем замену матрицы Q на матрицу Z:

$$Z = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & \cdots & z_{1m} \\ z_{21} & z_{22} & \cdots & z_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ z_{n1} & z_{n2} & \cdots & z_{nm} \end{bmatrix}$$

Показатели могут либо повышать качество проекта транспортного сооружения, либо снижать его. Необходимо разделение показателей качества на стимуляторы и де-стимуляторы:

- стимуляторы («+») - численные значения, которые положительно влияют на результат оценки качества проекта (например, срок службы сооружения, рентабельность, индекс доходности инвестиций);
- де-стимуляторы («-») - численные значения, которые желательно иметь как можно меньшими (например, относительная аварийность, потери от дорожно-транспортных происшествий, выбросы вредных веществ).

В соответствии со стратегией таксономического анализа определим координаты z_{0j} эталонного многомерного объекта (проекта транспортного сооружения). Эталоном будет точка P_0, образованная по следующему правилу: среди показателей-стимуляторов отбираются показатели с максимальными значениями, а среди показателей де-стимуляторов – с минимальными значениями:

$$z_{oj} = \begin{cases} \max\ z_{ij}, \text{ если } j \in I_C \text{ (стимулятор)} \\ \min\ z_{ij}, \text{ если } j \in I_Д \text{ (де-стимулятор)} \end{cases} \quad (4)$$

Эталон составляется из лучших значений по каждому столбцу j=1, 2, ..., m матрицы Z. Отсюда матрица-строка эталонного проекта P_0 имеет следующий вид:

$$Z_o = [z_{01} \quad z_{02} \quad \cdots \quad z_{0m}].$$

Выбранная таким образом многомерная единица – реально не существует, но с точки зрения целей анализа является «эталоном», то есть имеет набор наилучших значений показателей качества проекта. Рассчитаем расстояния между показателями качества проекта и эталона по формуле (5):

$$c_{io} = \sqrt{\sum_{j=1}^{m} p_j^2 \left(z_{ij} - z_{oj}\right)^2}, \ i = 1,2,...,n, \quad (5)$$

где p_j – нормирующая константа j-го показателя качества, применяемая для перевода из абсолютных в относительные значения разных физических величин.

Однако конкретное значение расстояния не дает однозначной характеристики степени удаленности единицы совокупности от точки P_0. Более информативным является отношение расстояния c_{i0} к максимально возможному расстоянию c_0 в исследуемой совокупности многомерных единиц $d_i^* = c_{i0}/c_0$. Это отношение принадлежит отрезку [0;1] и отражает степень близости i-й единицы – меры близости качества проекта к эталону. Для перехода к показателю d_i нужно найти статистическую оценку величины c_0. С этой целью сначала находится среднее по всем единицам значение расстояния до идеальной точки (оценка математического ожидания) по формуле (6), а затем оценка среднего квадратического отклонения этого расстояния по формуле (7):

$$M[c_{io}] = \overline{c_o} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} c_{io}, \quad (6)$$

$$\sigma_o = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(c_{io} - \overline{c_o}\right)^2}. \quad (7)$$

Величина c_0 является оценкой максимального расстояния и может быть найдена с учетом «правила трех сигм» по формуле (8):

$$c_o = \overline{c_o} + 3\sigma_o. \quad (8)$$

Далее для каждого i-го проекта транспортного сооружения необходимо найти значение промежуточного показателя «уровня развития» по формуле (9):

$$d_i^* = \frac{c_{io}}{c_o}. \quad (9)$$

Конечная формула для показателя уровня развития имеет следующий вид:

$$d_i = 1 - \frac{c_{io}}{c_o}. \quad (10)$$

Результаты расчетов представим в табл. 2.

Таблица 2

Результат расчета многопараметрического критерия качества

Проект транспортного сооружения	Показатели качества проекта				Расчет таксономического показателя		
	1	2	…	m	c_{io}	d_i^*	d_i
1	z_{11}	z_{12}	…	z_{1m}	…	…	…
2	z_{21}	z_{22}	…	z_{2m}	…	…	…
…	…	…	…	…	…	…	…
n	z_{n1}	z_{n2}	…	z_{nm}	…	…	…
Влияние показателя (+/-)	…	…	…	…			
z_{oj}	…	…	…	…			

Принципиальная схема определения расстояния представлена на Рис. 1.

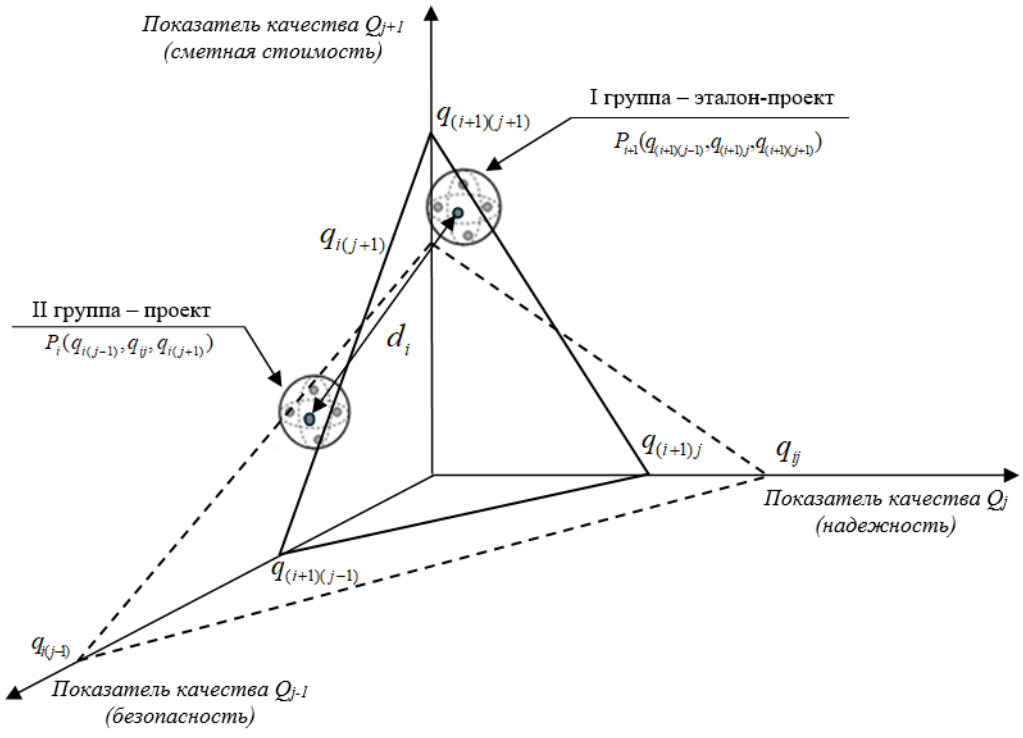

Рис. 1. Принципиальная схема определения меры близости качества проекта к эталону на примере трех показателей качества (иллюстрация автора)

Fig. 1. Basic scheme for determining the measure of closeness of the project quality to the standard using three quality indicators as an example (illustration by the author)

Интерпретируются полученные результаты следующим образом: данный *i*-й проект транспортного сооружения имеет тем больший уровень качества проекта, чем ближе к

единице находится значение меры его близости к эталону. В сравнении с существующими подходами [21-24] предлагаемый метод позволяет оценить качество планируемого к строительству транспортного сооружения не только с точки зрения удовлетворения возрастающих потребностей пользователей транспортных услуг, но и соответствия его эксплуатационных свойств лучшим и перспективным транспортным объектам аналогичного функционального назначения.

4. Заключение

При оценке качества проекта транспортного сооружения требуется совместный анализ многих разнородных показателей технико-экономических характеристик и транспортно-эксплуатационных свойств объекта транспортного строительства. Использование идеи сравнения каждого многомерного проекта с «идеальным» образцом позволяет успешно решать задачу многопараметрической оценки качества.

Предлагаемый подход к оценке качества проектов в транспортном строительстве отличается от существующих возможностью выбора эталонного объекта и установления степени сходства планируемого к строительству транспортного сооружения с эталоном. Однако таксономические процедуры не предусматривают учет разной степени влияния разных признаков на итоговую «эффективность» многомерных объектов, а также обеспечение качества поставляемых материалов и конструкций для строительства. Поэтому направлением дальнейших исследований может быть развитие данного метода в интересах устранения отмеченных недостатков.

Список литературы/ References

1. Прокофьева Т.А. Транспортная стратегия России и логистический подход к ее реализации // В центре экономики. 2020. № 4. С. 18–27. EDN: GVDAAK
   Prokofieva T.A. Transportation strategy of Russia and logistic approach to its implementation // In the Center of Economy. 2020. No. 4. P. 18–27. EDN: GVDAAK
2. Телятникова Н.А. Совершенствование метода управления проектами строительства объектов транспортной инфраструктуры // Транспортные сооружения. 2021. Т. 8. № 1. DOI: 10.15862/09SATS121
   Telyatnikova N.A. Project management methodology enhancement for the transport infrastructure facilities construction // Russian Journal of Transport Engineering. 2021. Vol. 8. No. 1. DOI: 10.15862/09SATS121
3. Кульков А.А., Вашуркин Е.Д. Исследование влияния транспортной инфраструктуры на градостроительную ценность территории // Жилищные стратегии. 2023. Т. 10. № 3. С. 191–210. DOI: 10.18334/zhs.10.3.118991
   Kulkov A.A., Vashurkin E.D. Impact of transportation infrastructure on the area’s urban value // Russian Journal of Housing Research. 2023. Vol. 10. No. 3. P. 191–210. DOI: 10.18334/zhs.10.3.118991
4. Анцев В.Ю., Казанлеев М.Х., Ханин К.Н. Управление качеством процесса разработки проектной документации на транспортно-технологические комплексы // Известия ТулГУ. Технические науки. 2011. № 4. С. 228–238. EDN: OXMDYN
   Antsev V.Yu., Kazanleev M.Kh., Khanin K.N. Quality management of transport and technological complex project documentation development process // News of TulSU. Technical science. 2011. No. 4. P. 228–238. EDN: OXMDYN
5. Patel C.S., Pitroda J.R. Quality management system in construction: a review // Reliability: theory & applications. 2021. Vol. 16 (SI 1 (60)). P. 121–131. DOI: 10.24412/1932-2321-2021-160-121-131
6. Салманова И.П., Кузнецова О.И., Кручинина С.А., Булат А.С. Построение экспертной системы оценки экономической эффективности инвестиций в информационную безопасность // Вопросы региональной экономики. 2018. №4(37). С. 102–109. EDN: YWJMDZ
   Salmanova I.P., Kuznetsova O.I., Kruchinina S.A., Bulat A.S. Creating an expert system for assessing the economic efficiency of investments in information security // Issues of Regional Economy. 2018. No. 4(37). P. 102–109. EDN: YWJMDZ

7. Романова Н.А. Корреляционно-регрессионный анализ инвестиционных проектов в коммерческой недвижимости // Интернет-журнал «Науковедение». 2015. Т. 7. № 1. DOI: 10.15862/73EVN115
Romanova N.A. Regression analysis of investments in commercial real estate // Internet journal «Naukovedenie». 2015. Vol. 7. No. 1. DOI: 10.15862/73EVN115
8. Arciszewski T.J. A Review of Control Charts and Exploring Their Utility for Regional Environmental Monitoring Programs // Environments. 2023, 10(5), 78. DOI:10.3390/environments10050078
9. Бажанов А.П. Разработка методики исследования и оценки надежности автомобильных дорог на этапах их проектирования // Интернет-журнал «Транспортные сооружения». 2019. Т. 6. № 2. DOI: 10.15862/02SATS219
Bazhanov A.P. Development of methods for studying and assessing the reliability of roads at the stages of their design // Russian journal of transport engineering. 2019. Vol. 6. No. 2. DOI: 10.15862/02SATS219
10. Кузовкова Т.А., Кузовков Д.В., Кузовков А.Д. Экспертно-квалиметрический метод интегральной оценки эффективности инновационных проектов и применения новых технологий // Системы управления, связи и безопасности. 2016. № 3 Kuzovkova T.A., Kuzovkov D.V., Kuzovkov A.D. Expert Qualimetry Method of Integral Estimation of Efficiency of Innovative Projects and New Technologies // Systems of Control, Communication and Security. 2016. No. 3
11. Kononenko I., Fadeyev V., Kolisnyk M. Project scope optimization model and method on criteria profit, time, cost, quality, risk // Proceedings of the 26th IPMA World Congress, 29-31 October 2012, Conference Centre Creta Maris, Hersonissos, Crete, Greece, 2012. P. 286−292.
12. Гайдо А.Н. Методические подходы к оценке качества разработки проектов производства работ // Инженерный вестник Дона. 2024. № 1 (109). С. 571–592. EDN: GBILPR
Gaido A.N. Methodological approaches to assessing the quality of development of work projects // Engineering journal of Don. 2024. No. 1 (109). P. 571–592. EDN: GBILPR
13. Кабанов В.Н., Аль-Рубайе С.Д. Методика определения качества строительной организации // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2023. Т. 13. № 4. С. 602–611. DOI: 10.21285/2227-2917-2023-4-602-611. EDN: FFKREY
Kabanov V.N., Al-Rubaye S.D. Methodology for assessing the quality of a construction organization // News of universities. Investment. Construction. Real estate. 2023. Vol. 13. No. 4. P. 602–611. DOI: 10.21285/2227-2917-2023-4-602-611. EDN: FFKREY
14. Patel C.S., Pitroda J.R. Quality management system in construction: a review // Reliability: theory & applications. 2021. Vol. 16 (SI 1 (60)). P. 121–131.
15. Ярмомедов И.В., Цакаев А.Х. Методики оценки эффективности проектов транспортной инфраструктуры: сравнительный анализ // Экономическая безопасность. 2024. Т. 7. № 9. С. 2383–2402. DOI: 10.18334/ecsec.7.9.121795
Yarmomedov I.V., Tsakaev A.Kh. Methods for evaluating the effectiveness of transportation infrastructure projects: a comparative analysis // Economic security. 2024. Vol. 7. No. 9. P. 2383–2402. DOI: 10.18334/ecsec.7.9.121795
16. Хабибулина А.Г., Романова А.И., Васичкин В.С. Оценка уровня развития транспортной инфраструктуры в российских городах-миллионерах на основе социально-экономических критериев: сборник статей II международной научно-практической конференции - Детерминанты развития экономики и общества в условиях глобальных изменений, Москва, 2024. С. 259–267. EDN: TBSNAV
Khabibulina A.G., Romanova A.I., Vasichkin V.S. Assessment of the level of transport infrastructure development in Russian million cities based on socioeconomic criteria: dig. of art. II International scientific and practical conference - Determinants of economic and social development in the context of global changes, Moscow, 2024. P. 259–267. EDN: TBSNAV
17. Roumboutsos, A., Pantelias, A. Rating the Resilience of Transport Infrastructure Project Delivery: Application to Road Infrastructure // Infrastructure Asset Management. 2019. Vol. 6. Issue 1. P. 48–63. DOI: 10.1680/jinam.17.00032

18. Bazhanov A.P. Structural diagrams and basic design relationships for the calculation of road safety indicators. Advances in Engineering Research (AER). International Conference «Actual». 2018. Vol. 157. P. 81–84. DOI: 10.2991/aime-18.2018.16
19. Неизвестный С.И. О применении таксономии в области информационных технологий // Транспортные системы и технологии. 2016. Т. 2. № 1. С. 89–111. DOI: 10.17816/transsyst20162189-111
Neizvestny S.I. On the use of taxonomy in the field of information technology // Transportation Systems and Technology. 2016. Vol. 2. No. 1. P. 89–111. DOI: 10.17816/transsyst20162189-111
20. Паршин Ю.Н., Паршин А.Ю., Грачев М.В. Таксономический анализ энергоэффективной системы передачи информации IOT // Цифровая обработка сигналов. 2022. № 4. С. 45–49. EDN: OAVCUV
Parshin Yu.N., Parshin A.Yu., Grachev M.V. Taxonomical analysis of energy efficient IOT information transmission system // Digital signal processing. 2022. No. 4. P. 45–49. EDN: OAVCUV
21. Исмаилов А.М., Ермошин Н.А. Долговечность и качество // Автомобильные дороги. 2021. № 1 (1070). С. 94–97. EDN: AGFVXT
Ismailov A.M., Ermoshin N.A. Durability and quality // Highways. 2021. No. 1 (1070). P. 94–97. EDN: AGFVXT
22. Ермошин Н.А., Кириллова Д.Ю. Метод прогнозирования долговечности дорожных сооружений // Инновационные транспортные системы и технологии. 2023. Т. 9. № 4. С. 46–58. DOI: 10.17816/transsyst20239446-58
Ermoshin N.A., Kirillova D.Yu. Method of forecasting the durability of road structures // Modern Transportation Systems and Technologies. 2023. Vol. 9. No. 4. P. 46–58. DOI: 10.17816/transsyst20239446-58
23. Спиридонов Э.С., Духовный Г.С., Логвиненко А.А., Хоружая Н.В. Научные подходы к оценке качества продукции строительства транспортных объектов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2009. №2. С. 113–116. EDN: KWCYKL
Spiridonov E.S., Dukhovny G.S., Logvinenko A.A., Khoruzhaya N.V. Scientific approaches to assessing the quality of products in the construction of transport facilities // Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2009. No. 2. P. 113–116. EDN: KWCYKL
24. Дубина С.И., Кандрашин В.Г. Качество российских автомобильных дорог // Транспорт Российской Федерации. 2006. № 2. С. 48–50. EDN: KDNKIZ
Dubina S.I., Kandrashin V.G. Quality of Russian highways // Transport of the Russian Federation. 2006. No 2. P. 48–50. EDN: KDNKIZ

Информация об авторах

Петроченко Марина Вячеславовна, кандидат технических наук, доцент, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация
E-mail: petrochenko_mv@spbstu.ru, ORCID: 0000-0002-4865-5319

Information about the authors

Marina V. Petrochenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russian Federation
E-mail: petrochenko_mv@spbstu.ru, ORCID: 0000-0002-4865-5319

Дата поступления: 10.03.2025 *Дата принятия: 30.04.2025*