

DOI: 10.12731/2227-930X-2025-15-2-367

EDN: KZWCRR



УДК 656.022

Научная статья | Транспортные и транспортно-технологические системы

## МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ОТДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ЕДИНИЦ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ НАЗЕМНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

*Д.В. Кузьмин*

### *Аннотация*

**Обоснование.** В статье рассматривается вопрос оценки морфометрических свойств полигона с целью формирования матрицы рейтингов необходимой для решения задачи поиска пути в дискретном пространстве. Такой подход к решению задачи пространственного развития линейных объектов наземного транспорта будет полезен при решении практических задач камерального трассирования.

**Материалы и методы.** Рассматриваемый полигон сепарируется на отдельные территориальные единицы, каждая из которых имеет собственный рейтинг по совокупности различных критериев (антропогенная нагрузка, морфометрия и т.д.). Рейтинг отдельной территориальной единицы определяет перспективность ее рассмотрения при решении задачи трассирования. Такая дискретная модель полигона фактически является взвешенным графом, поиск пути в котором осуществляется различными алгоритмами поиска: A\*, Дейкстры, Поиска в ширину (BFS). Так как оценка отдельной территориальной единицы по морфометрическим свойствам местности зависит от ее размеров, предлагается оценивать полигон в два этапа с различным разрешением дискретного пространства, т.е. укрупняя отдельные территориальные единицы в блоки. В качестве примера, в работе, программно была сформирована исходная матрица высот с высоким разрешением,

которая в последствии была объединена в блоки. В отношении матрицы сформированных блоков выполнен анализ чувствительности по 4 критерия: средний уклон по блоку, стандартное отклонение высот, диапазон высот и индекс шероховатости.

**Результаты.** Из результатов эксперимента следует вывод, что наибольшую среднюю чувствительность и, как следствие, вес имеет критерий «Диапазон высот». Это означает, что именно этот критерий в большей степени влияет на формировании рейтингов блоков. При этом график изменений рейтингов по данному критерию и цветовая матрица диапазона весов, позволяют сделать вывод о том, что данный критерий наименее информативный, так как слабо различает блоки между собой.

**Ключевые слова:** морфометрия рельефа; поиск пути в дискретных пространствах; пространственное развитие транспортной инфраструктуры; наземный транспорт

**Для цитирования.** Кузьмин, Д. В. (2025). Морфометрические критерии оценки отдельных территориальных единиц при решении задачи пространственного развития линейных объектов наземной транспортной инфраструктуры. *International Journal of Advanced Studies*, 15(2), 143–160. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2025-15-2-367>

Original article | Transport and Transport-Technological Systems

## MORPHOMETRIC CRITERIA FOR EVALUATING INDIVIDUAL TERRITORIAL UNITS IN SOLVING THE PROBLEM OF SPATIAL DEVELOPMENT OF LINEAR OBJECTS OF TERRESTRIAL TRANSPORT INFRASTRUCTURE

*D.V. Kuzmin*

### *Abstract*

**Background.** The article discusses the issue of evaluating the morphometric properties of a polygon in order to form a rating matrix necessary

to solve the problem of finding a path in a discrete space. This approach to solving the problem of spatial development of linear objects of land transport will be useful in solving practical problems of camera tracing.

**Materials and methods.** The landfill in question is separated into separate territorial units, each of which has its own rating based on a set of different criteria (anthropogenic load, morphometry, etc.). The rating of a particular territorial unit determines the prospects of its consideration when solving the tracing problem. Such a discrete polygon model is actually a weighted graph, in which the search for a path is carried out by various search algorithms: A\*, Dijkstra, Breadth-first search. Since the assessment of a particular territorial unit based on the morphometric properties of an area depends on its size, it is proposed to evaluate the polygon in two stages with different resolutions of discrete space, i.e. enlarging individual territorial units into blocks. As an example, in the work, the initial high-resolution height matrix was programmatically generated, which was later combined into blocks. With respect to the matrix of formed blocks, sensitivity analysis was performed according to 4 criteria: the average slope of the block, the standard deviation of heights, the height range and the roughness index.

**Results.** It follows from the experimental results that the “Height range” criterion has the highest average sensitivity and, as a result, weight. This means that this criterion has a greater impact on the formation of block ratings. At the same time, the graph of rating changes according to this criterion and the color matrix of the weight range allow us to conclude that this criterion is the least informative, since it weakly distinguishes the blocks from each other.

**Keywords:** morphometry of relief; pathfinding in discrete spaces; spatial development of transport infrastructure; ground transportation

**For citation.** Kuzmin, D. V. (2025). Morphometric criteria for evaluating individual territorial units in solving the problem of spatial development of linear objects of terrestrial transport infrastructure. *International Journal of Advanced Studies*, 15(2), 143–160. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2025-15-2-367>

## **Введение**

При использовании условных координатных сеток для территориальной фрагментации и локального рассмотрения, оценку отдельных полигонов целесообразно осуществлять по совокупности критериев, характеризующих пространственные (антропогеографические, топографические, геологические, гидрографические и т.д.) характеристики местности. Здесь необходимо отметить, что принципиальным фактором, определяющим как набор критериев, так и диапазоны количественных ограничений их критериальных показателей является размер ячейки условной координатной сетки. Например, такой показатель как радиус кривой пути при малом размере ячейки (до нескольких километров в диаметре) может иметь существенное значение, то при значительном размере ячейки (десятки километров), локальное изменение направления трассы (например, для обхода естественных препятствий) не играет существенной роли, следовательно, такая характеристика как радиус кривой может быть исключена из рассмотрения, в рамках такого масштаба, как погрешность.

Так как значимость и применимость различных критериев определяется в том числе масштабом ячейки сетки разделения пространства, часто для решения задачи изучения пространственных свойств используют иерархические методы разделения. Иерархические методы подразумевают разделение пространства на отдельные равные области, каждая из которых, при необходимости, может быть рекурсивно дополнительно неоднократно разделена на меньшие полигоны. То есть ячейки макроуровня, могут содержать в себе блок более мелких полигонов, которые в свою очередь также являются материнскими ячейками, для других. Такой тип иерархии называется грануляцией. Разделенное таким образом пространство может быть представлено в виде графа древовидной структуры. Степень детализации (классификация критериев между разными типоразмерами ячеек) также определяется размером ячейки (разрешением сетки).

Ключевым элементом проекта железной дороги является трасса, которая определяет ее пространственные характеристики как в плане, так и в профиле. Помимо этого, трасса определяет расположение капитальных инфраструктурных сооружений (мостов, тоннелей, станций), перемещение которых не допускается.

Комплексная характеристика трассы на локальном уровне определяется множеством документов, регламентирующих нормы и правила проектирования, строительства, содержания и эксплуатации транспортной инфраструктуры. Согласно [5, с. 119] Основные параметры проектируемой железнодорожной линии, включая выбор направления, следует устанавливать на основании технико-экономического расчета на перспективу с учетом возможности дальнейшего этапного усиления и стоимости затрат в течение всего жизненного цикла.

В настоящий момент, вопрос определения пространственных характеристик железнодорожной трассы в условиях северных регионов не имеет богатого методологического арсенала решений. Например, отсутствуют методологические подходы к определению пространственных свойств трассы в региональных условиях, характерных для большинства северных регионов: слабой заселенности, низкого производственного потенциала, рассредоточения мест добычи полезных ископаемых, локальных топографических и гидрографических характеристик местности, подверженности снегозаносимости и снегоотложениям и т.д.

Пространственные характеристики трассы зависят от множества факторов, определяющих условия эксплуатации, среди которых наиболее значимыми являются: категория железной дороги; текущий и прогнозируемый объем перевозок; пространственная характеристика существующей транспортной сети и условия примыкания проектируемой линии к ней; планируемый род тяги; антропогеографические, топографические, геологические, гидрографические и др. условия местности.

Международный и отечественный опыт эксплуатации железнодорожных линий в условиях севера показывает, что основной

спрос на транспортные услуги в северных регионах формируется преимущественно за счет разработки месторождений и определяется фактическими количественными показателями добычи и прогнозными показателями спроса на сырье. Помимо этого, для большинства северных регионов мира характерна слабая заселенность, низкая плотность населения и сильное рассредоточение поселений. Данные условия, зачастую, не позволяют качественно удовлетворить спрос в пассажирском сообщении. Следовательно, транспортное железнодорожное сообщение в первую очередь должно быть ориентировано на удовлетворение потребностей экономики в перевозках грузов.

Таблица 1.

**Категорирование новых железнодорожных линий в зависимости от характера и размера перевозок (без учета скоростной и пассажирской категории)**

Категория железнодорожной линии	Назначение	Признак определения категоричности		Максимальная скорость движения	
		Суммарный расчетный объем перевозок грузов (нетто) на 10-й год эксплуатации млн т	Пассажирское движение	пассажирских	Контейнерных, рефрижераторных / грузовых
Особогрузонапряженная	Железнодорожные линии для большого объема грузовых перевозок	Свыше 80	Не регламентируется	140	140/90
I	Универсальные железнодорожные линии	40 – 80		160	160/90
II		20 – 40		160	140/90
III		8 – 20		140	120/80
IV		< 8		120	100/80
V	Подъездные пути организованным пассажирским движением	Не регламентируется	80	80/60	
	Подъездные пути		–	60	

Данная специфика транспортных потребностей региона позволяет определить требования к инфраструктурным характеристикам трассы, подвижного состава, а также технологическим и

эксплуатационным особенностям транспортной инфраструктуры. Согласно п. 4.2 [5] новые железнодорожные линии и подъездные пути, дополнительные главные пути и реконструируемые существующие линии, предназначенные для совместного движения грузовых и пассажирских поездов в общей сети железных дорог, в зависимости от характера и размера перевозок подразделяются на категории, приведенные в таблице 1.

Учитывая очевидный малый объем спроса на пассажирские перевозки из рассмотрения исключены железнодорожные линии скоростной и пассажирской категорий. Определение категории проектируемой линии требует соответствия не менее чем одному из перечисленных в таблице критериев.

### **Материалы и методы**

Топографическая характеристика местности определяет пространственные характеристики трассы железнодорожного пути, которые выражаются в крутизне уклонов, количестве и радиусе кривых. Это определяет капитальные и эксплуатационные затраты на строительство и содержание линейной инфраструктуры. Так как крутизна и длина уклонов определяют степень дополнительного сопротивления движению поезда при подъеме от их количественных характеристик зависит тип используемой тяги, количество локомотивов, максимальная масса поезда, скоростной режим и тд.

Крутизна и длина уклонов определяется разницей высот начальной и конечной точки. Руководящий уклон должен быть не более 0,002 на новых скоростных линиях, 0,009 – на особогрузонапряженных линиях, 0,012 – на линиях I категории, 0,015 – на линиях II категории, 0,02 – на линиях III категории и 0,03 – на линиях IV категории. Значение максимального уклона (включая уклон усиленной тяги) не должно превышать на скоростных и пассажирских линиях - 40‰, на особогрузонапряженных железнодорожных линиях и линиях категории I - 18‰, категории II – 20 ‰, категории III – 30 ‰, категорий IV и V – 40 ‰ [5, с. 119].

Согласно [6] местность по характеру рельефа классифицируется на горную (низкогорная, среднегорная, высокогорная), холмистую и равнинную.

Равнинная местность имеет следующую рельефную характеристику: отсутствие выраженных неровностей земной поверхности, крутизна скатов до  $2^\circ$  с относительными превышениями до 25 метров. Абсолютные высоты, как правило, не превышают 300 метров над уровнем моря.

Холмистая местность имеет неровности земной поверхности в виде холмов и гряд, с относительным превышением от 25 до 200 метров и крутизной скатов от  $2^\circ$  до  $3^\circ$ . Абсолютные высоты до 500 метров.

В низкогорной местности абсолютные высоты находятся в диапазоне 500 – 1000 метров, относительные превышения составляют 200-500 метров с преобладающей крутизной скатов  $5^\circ$ - $10^\circ$ . Характеристика низкогорной местности позволяет организовать комфортное проживание, поэтому часто регионы с таким типом рельефа имеют хорошую обитаемость, большое количество поселений и транспортной инфраструктуры.

Среднегорная местность имеет абсолютные высоты над уровнем моря от 1000 до 2000 метров, относительные превышения от 500 до 1000 метров, преобладающая крутизна скатов составляет  $10^\circ$ - $25^\circ$ . Среднегорная местность, как правило расчленена на горные массивы, гряды и цепи, гребни и вершины которых имеют сглаженную форму.

Высокогорная местность, характеризуется абсолютными высотами от 2000 метров над уровнем моря, относительными превышениями от 1000 метров и преобладающей крутизной скатов от  $25^\circ$ .

### **Определение значимости критериев оценки морфометрических свойств местности**

Практическое проведение морфометрического анализа местности требует определения значимости рассматриваемых критериев.



Значимость критериев зависит от фактических морфометрических свойств местности и специфики решаемой задачи [7].

Существует множество способов определения значимости критериев при решении задач принятия решения [8]. Анализ работ [1; 9; 10] посвящённых задачам многокритериального анализа в области геоинформационной проблематики позволяет сделать вывод о том, что определение весов морфометрических критериев используемых для оценки свойств новой, слабоизученной территории, требует использования преимущественно объективных, а не экспертных методов оценки. В условиях слабой информационной базы исходных данных определение весов экспертом будет либо затруднено, либо невозможно вовсе. Помимо этого, существенно возрастает риск ошибок.

Более того, решение пространственных задач, как правило, связано с рассмотрением значительных территориальных областей, что в свою очередь сопрягается с высокой вариативностью оцениваемого пространственного свойства [11]. Например, в рамках рассматриваемого пространственного полигона могут присутствовать равнины, пересеченная и горная местность, таким образом значимость одних и тех же критериев различна даже в рамках одного рассматриваемого полигона поиска пути, что затрудняет использование субъективных методов оценки.

Исходя из этого, при проведении многокритериального анализа слабоизученной местности для определения стартовых величин значимости используемых критериев наиболее предпочтительным является анализ чувствительности. После определения стартовых значения критериальной значимости, возможно использование экспертных мнений с целью их корректировки.

Формально процесс анализа чувствительности критериев опишем следующим образом. Пусть рассматриваемый полигон поделен на  $M$  отдельных территориальных единиц,  $i = 1, \dots, M$ . Имеется  $K$  критериев, описывающих их морфометрические свойства,  $k = 1, \dots, K$ . Тогда  $x_{ik}$  – нормированное значение  $k$ -го критерия для  $i$ -й территориальной единицы,  $x_{ik} \in [0, 1]$ .

Весы критериев  $w = (w_1, \dots, w_k)$  должны удовлетворять следующим условиям  $w_k \geq 0$  и  $\sum_{k=1}^K w_k = 1$ .

Рейтинг отдельной территориальной единицы определяется как сумма произведений веса критерия и соответствующего нормированного критериального показателя.

$$R_i(w) = \sum_{k=1}^K w_k \cdot x_{ik}$$

Для анализа чувствительности по критерию  $k$ , варьируется его вес  $w_k$  в диапазоне от 0 до 1 с шагом  $\Delta w$ :  $w_{k^*} = w$ ,  $w \in \{0, \Delta w, 2\Delta w, \dots, 1\}$ . Значения весов оставшихся критериев определяются путем деления остатка поровну:

$$w_k = \frac{1-w}{K-1}, \quad \forall k \neq k^*$$

Для каждого значения  $w$  рассчитываются рейтинги  $R_i(w)$  для всех  $i$ . Для каждой отдельной территориальной единицы фиксируются все значения рейтинга в условиях изменяемого  $w$ :  $\{R_i(w(w)): w \in [0, 1]\}$ .

Чувствительность отдельной территориальной единицы к критерию  $k^*$  определяется как:

$$S_i^{(k^*)} = \sigma_w(R_i(w(w)))$$

где,  $\sigma_w$  – стандартное отклонение по всем значениям  $w$ .

Тогда, средняя чувствительность по критерию  $k^*$ :

$$\bar{S}_{k^*} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M S_i^{(k^*)}$$

Для получения относительных весов критериев необходимо выполнить нормализацию чувствительности

$$v_{k^*} = \frac{\bar{S}_{k^*}}{\sum_{l=1}^K \bar{S}_l}$$

где,  $v_{k^*}$  – нормированный вес критерия  $k^*$ , отражающий его относительное влияние на итоговую оценку.

Таким образом,  $\bar{S}_{k^*}$  – это мера того насколько сильное изменение веса критерия  $k^*$  влияет на итоговую интегральную оценку

объектов, а  $v_{k^*}$  – относительная значимость критерия  $k^*$  в формировании итогового рейтинга.

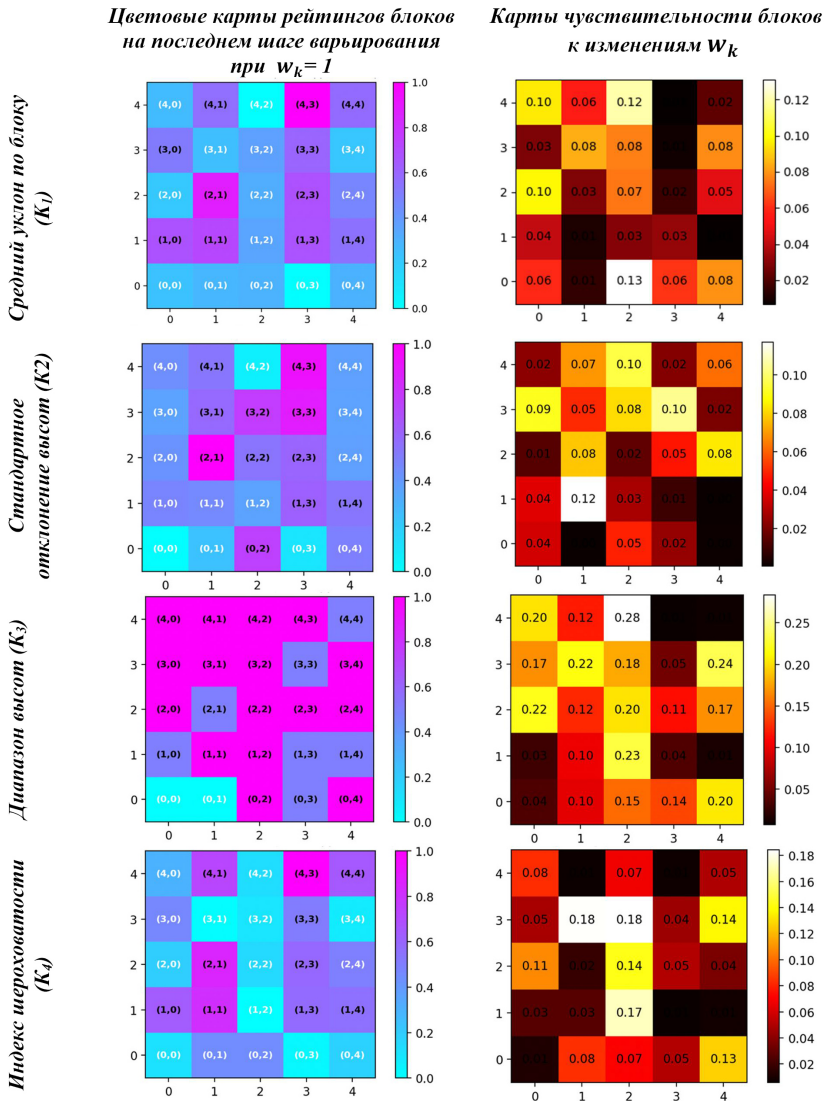


Рис. 1. Результаты эксперимента при варьировании значений



Цветовая матрица «д» отображает рейтинг блоков по совокупности морфометрических свойств входящих в них пикселей. Морфометрические свойства блоков определяет следующий набор критериев: средний уклон по блоку ( $K_1$ ), стандартное отклонение высот ( $K_2$ ), диапазон высот ( $K_3$ ) и индекс шероховатости ( $K_4$ ). В рамках проведенного эксперимента получена матрица, отражающая рейтинг блоков. Чем ближе интегральная оценка к нулю, тем более предпочтителен блок для трассирования. В рамках проведенного эксперимента значимость всех используемых критериев была равна, что безусловно не отражает их реальной ценности.

Для определения числовых значений критериальных весов с помощью Python – библиотек NumPy [12] и Matplotlib [13] проведем анализ чувствительности [14; 15]. Варьирование веса критерия  $w_k$  выполняется в диапазоне от 0 до 1 с шагом  $\Delta w = 0,05$ . Данный направленный перебор осуществляется в отношении всех четырех критериев. Остаток веса делится между оставшимися блоками поровну. Для каждого блока  $i$  вычисляется  $R_i(w(w))$ . Для каждого блока высчитывается чувствительность к критерию и определяется средняя чувствительность по критерию для всех блоков.

## Результаты

На основе полученных, в результате проведенного эксперимента, цветовых матриц определим средние значения чувствительности и итоговую значимость морфометрических критериев оценки. Результаты расчетов представлены в таблице 2

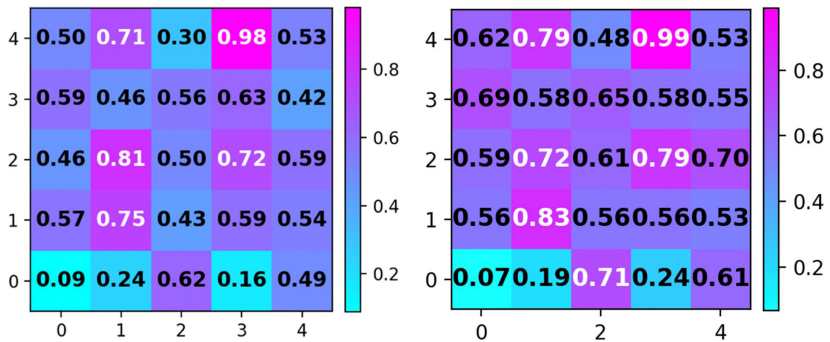
Таблица 2.

### Итоговые значения чувствительности и значимости критериев

<i>Критерий</i>	<i>Средняя чувствительность</i>	<i>Вес</i>
Средний уклон по блоку ( $K_1$ )	0,0524	0,1734
Стандартное отклонение высот ( $K_2$ )	0,0464	0,1535
Диапазон высот ( $K_3$ )	0,1336	0,4417
Индекс шероховатости ( $K_4$ )	0,07	0,2314

Из результатов эксперимента следует вывод, что наибольшую среднюю чувствительность и, как следствие, вес имеет критерий К3 (диапазон высот). Это означает, что именно этот критерий в большей степени влияет на формировании рейтингов блоков. При этом график изменений рейтингов по данному критерию (рисунок 2) и цветовая матрица диапазона весов, позволяют сделать вывод о том, что критерий К3 наименее информативный, так как слабо различает блоки между собой. На графике, при значениях  $w_{k3}$  близких к 1 рейтинги всех блоков сходятся в три точки на области графика. Также об этом свидетельствует слабое разнообразие цветов, содержащихся в цветовой матрице морфометрического анализа. Такие аномалии характерны для исходных данных, полученных случайной генерацией.

После определения стартовых значений весов, скорректируем матрицу итоговых рейтингов блоков. Сравнение результатов итоговых значений рейтингов, приведены в цветовых матрицах на рисунке 3.



а) Рейтинг блоков с равной значимостью критериев  $w_k = 0,25$       б) Итоговый рейтинг блоков, полученный с учетом анализа чувствительности

Рис. 3. Цветовые матрицы рейтингов

Данный пример оценки морфометрических свойств местности выполнен на основе значений высот отдельных территориальных единиц, полученных путем случайной генерации данных в диа-

пазоне от 100 до 170 ед. Это означает, что распределение морфометрических характеристик местности хаотично. При изменении структуры исходных данных, изменяются нормированные величины критериальных показателей, чувствительность рейтингов блоков к изменению весов критериев, и, как следствие, значимость самих критериев и интегральные рейтинги блоков.

Несмотря на абстрактность приведенного примера, его ценность заключается в апробации метода количественной оценки морфометрических свойств местности. Полученные результаты могут быть использованы на практике для получения интегральных оценок отдельных территориальных единиц при решении задач пространственного развития линейных объектов инфраструктуры наземного транспорта.

### **Список литературы**

1. Malczewski, J. (2000). On the use of weighted linear combination method in GIS: Common and best practice approaches. *Transactions in GIS*, 4(1), 5–22. <https://doi.org/10.1111/1467-9671.00035>
2. Ahuja, R., Mehlhorn, K., Orlin, J., & Tarjan, R. (1990). Faster Algorithms for the Shortest Path Problem. *Journal of the ACM*, 37, 213–223. <https://doi.org/10.1145/77600.77615>
3. Dijkstra, E. W. (1959). A note on two problems in connexion with graphs. *Numerische Mathematik*, 1(1), 269–271. <https://doi.org/10.1007/BF01386390>
4. Botea, A., Müller, M., & Schaeffer, J. (2004). Near Optimal Hierarchical Path-Finding. *Journal of Game Development*, 1(1), 1–22.
5. СП 119.13330.2017 Железные дороги колеи 1520 мм. Актуализированная редакция СНиП 32-01-95 (с изменением N 1). (2017). Получено с <https://docs.cntd.ru/document/550965737> (дата обращения: 19.07.2023).
6. Классификация местности по высоте - Геоинформационная система. Получено с <https://geo.god-tigra.ru/klassifikatsiya-mestnosti-po-vysote.php> (дата обращения: 05.06.2025).

7. Объяснительная морфометрия рельефа. *Геологический портал GeoKniga*. Получено с <https://www.geokniga.org/books/16102> (дата обращения: 06.06.2025).
8. Осинцев, Н. А. (2021). Многокритериальные методы принятия решений в «зелёной» логистике. *Мир Транспорта*, 19(5), 105–114. <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2021-19-5-13>
9. Uyan, M., Cay, T., Аксакай, О., & A Spatial Decision Support System design for land reallocation: A case study in Turkey. *Computers and Electronics in Agriculture*, 98, 8–16. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2013.07.010>
10. Feizizadeh, B., & Blaschke, T. (2013). GIS-multicriteria decision analysis for landslide susceptibility mapping: comparing three methods for the Urmia lake basin, Iran. *Natural Hazards*, 65, 2105–2128. <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0463-3>
11. Minh, N. Q., Huong, N. T. T., Khanh, P. Q., Hien, L. P., & Bui, D. T. (2024). Impacts of Resampling and Downscaling Digital Elevation Model and Its Morphometric Factors: A Comparison of Hopfield Neural Network, Bilinear, Bicubic, and Kriging Interpolations. *Remote Sensing*, 16(5), 819. <https://doi.org/10.3390/rs16050819>
12. NumPy. Получено с <https://numpy.org> (дата обращения: 02.06.2025).
13. Matplotlib - Visualization with Python. Получено с <https://matplotlib.org> (дата обращения: 02.06.2025).
14. Подиновский, В. В. (2017). Чувствительность многокритериального выбора к изменению оценок важности неоднородных критериев. *Итноу: Информационные технологии в науке, образовании и управлении*, (4), 23–27.
15. Нелюбин, А. П. (2019). Разработка методов анализа многокритериальных задач с использованием информации о важности критериев. 138 с.

### *References*

1. Malczewski, J. (2000). On the use of weighted linear combination method in GIS: Common and best practice approaches. *Transactions in GIS*, 4(1), 5–22. <https://doi.org/10.1111/1467-9671.00035>



2. Ahuja, R., Mehlhorn, K., Orlin, J., & Tarjan, R. (1990). Faster algorithms for the shortest path problem. *Journal of the ACM*, 37, 213–223. <https://doi.org/10.1145/77600.77615>
3. Dijkstra, E. W. (1959). A note on two problems in connexion with graphs. *Numerische Mathematik*, 1(1), 269–271. <https://doi.org/10.1007/BF01386390>
4. Botea, A., Müller, M., & Schaeffer, J. (2004). Near optimal hierarchical path-finding. *Journal of Game Development*, 1(1), 1–22.
5. SP 119.13330.2017 Railways of 1520 mm gauge. Updated version of SNiP 32-01-95 (with Amendment No. 1). (2017). Retrieved July 19, 2023, from <https://docs.cntd.ru/document/550965737>
6. Terrain classification by height - Geoinformation system. Retrieved June 5, 2025, from <https://geo.god-tigra.ru/klassifikatsiya-mestnosti-po-vysote.php>
7. Explanatory morphometry of relief | GeoKniga geological Portal. Retrieved June 6, 2025, from <https://www.geokniga.org/books/16102>
8. Osintsev, N. A. (2021). Multicriteria decision-making methods in “green” logistics. *The World of Transport*, 19(5), 105–114. <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2021-19-5-13>
9. Uyan, M., Cay, T., Akcakaya, O., & A Spatial Decision Support System design for land reallocation: A case study in Turkey. *Computers and Electronics in Agriculture*, 98, 8–16. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2013.07.010>
10. Feizizadeh, B., & Blaschke, T. (2013). GIS-multicriteria decision analysis for landslide susceptibility mapping: Comparing three methods for the Urmia lake basin, Iran. *Natural Hazards*, 65, 2105–2128. <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0463-3>
11. Minh, N. Q., Huong, N. T. T., Khanh, P. Q., Hien, L. P., & Bui, D. T. (2024). Impacts of resampling and downscaling digital elevation model and its morphometric factors: A comparison of Hopfield neural network, bilinear, bicubic, and kriging interpolations. *Remote Sensing*, 16(5), 819. <https://doi.org/10.3390/rs16050819>
12. NumPy. Retrieved June 2, 2025, from <https://numpy.org>

13. Matplotlib – Visualization with Python. Retrieved June 2, 2025, from <https://matplotlib.org>
14. Podinovskiy, V. V. (2017). Sensitivity of multicriteria selection to changes in assessments of the importance of heterogeneous criteria. *Itnou: Information Technologies in Science, Education and Management*, (4), 23–27.
15. Nelyubin, A. P. (2019). Development of methods for analyzing multi-criteria tasks using information on the importance of criteria. 138 p.

### **ДААННЫЕ ОБ АВТОРЕ**

**Кузьмин Дмитрий Владимирович**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры Логистика и управление транспортными системами  
*Российский университет транспорта (МИИТ)*  
*ул. Образцова, 9, стр. 9, г. Москва, Российская Федерация*  
*kuzminmiit@yandex.ru*

### **DATA ABOUT THE AUTHOR**

**Dmitry V. Kuzmin**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Logistics and Management of Transport Systems  
*Russian University of Transport (MIIT)*  
*9, build. 9, Obraztsova Str., Moscow, Russian Federation*  
*kuzminmiit@yandex.ru*  
*SPIN-code: 1092-1985*  
*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0585-393X>*  
*Scopus Author ID: 57208305058*

Поступила 25.05.2025  
После рецензирования 02.06.2025  
Принята 15.06.2025

Received 25.05.2025  
Revised 02.06.2025  
Accepted 15.06.2025