

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

URBAN PLANNING, PLANNING OF RURAL SETTLEMENTS



УДК 711.4

Оригинальное эмпирическое исследование

<https://doi.org/10.23947/2949-1835-2025-4-4-19-26>

Разработка методики принятия решений при градостроительном планировании и проектировании береговых территорий малых рек в городах



EDN: EWUFSR

Н.В. Данилина¹ , Е.В. Котлярова² , В.О. Глаголев²

¹ Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Российская Федерация

² Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

ekkot.arch@gmail.com

Аннотация

Введение. Исследование направлено на решение проблемы несистемного использования береговых территорий малых рек в российских городах. Актуальность обусловлена существующим фрагментарным подходом к их градостроительному планированию и проектированию, в то время как мировой опыт показывает комплексные решения. Цель работы — разработка методики принятия решений при градостроительном планировании и проектировании береговых территорий малых рек в крупных городах на основании многокритериального анализа.

Материалы и методы. Объектом исследования выступают береговые территории малых рек крупных городов. Авторы предлагают использовать системный подход, учитывающий прилегающие функциональные зоны, их взаимодействие и экспертную оценку значимости.

Результаты исследования. Разработана методика принятия решений при градостроительном планировании и проектировании береговых территорий малых рек, позволяющая анализировать функциональные назначения отдельных участков и их взаимодействие на предпроектной стадии. Кроме того, создан алгоритм выявления синергетических эффектов между различными зонами освоения.

Обсуждение и заключение. Предложенный авторами подход позволяет преодолеть фрагментарность градостроительных решений относительно береговых территорий малых рек. Перспективы исследования включают расширение методики за счет включения экологических, экономических, социальных и функциональных факторов, а также применение подхода для большего количества типов функциональных зон.

Ключевые слова: градостроительство, малые реки, благоустройство, градостроительное планирование, градостроительное проектирование, многокритериальный анализ

Благодарности. Статья опубликована в рамках субсидии из федерального бюджета образовательным организациям высшего образования на реализацию мероприятий, направленных на поддержку студенческих научных сообществ.

Для цитирования. Данилина Н.В., Котлярова Е.В., Глаголев В.О. Разработка методики принятия решений при градостроительном планировании и проектировании береговых территорий малых рек в городах. *Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий*. 2025;4(4):19–26. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2025-4-4-19-26>

Development of a Methodology for Decision-Making in Urban Planning and Design of Coastal Areas of Small Rivers in Cities

Nina V. Danilina¹ , Ekaterina V. Kotlyarova²  , Vladislav O. Glagolev²

¹ National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russian Federation

² Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

 ekkot.arch@gmail.com

Abstract

Introduction. The study is aimed at solving the problem of non-systematic use of coastal areas of small rivers in Russian cities. The relevance is due to the existing fragmentary approach to their urban planning and design, while global experience has been displaying complex solutions. The aim of the study is to develop a methodology for decision-making in urban planning and design of coastal areas of small rivers in large cities based on a multi-criteria analysis.

Materials and Methods. The object of the study are coastal areas of small rivers of large cities. The authors propose making use of a systemic approach that accounts for adjacent functional zones, their mutual influence and expert assessment of significance.

Research Results. A methodology for decision-making in urban planning and design of coastal areas of small rivers has been developed, allowing for the analysis of the functional purposes of individual sections and their interaction at the pre-design stage. In addition, an algorithm for identifying synergetic effects between different development zones has been designed.

Discussion and Conclusion. The approach proposed by the authors allows one to overcome the fragmentation of urban planning solutions regarding coastal areas of small rivers. The prospects of the study include expansion of the methodology due to incorporating environmental, economic, social and functional factors, as well as the application of the approach to a larger number of types of functional zones.

Keywords: urban development, small rivers, improvement, urban planning, urban design, multi-criteria analysis

For citation. Danilina NV, Kotlyarova EV, Glagolev VO. Development of a Methodology for Decision-Making in Urban Planning and Design of Coastal Areas of Small Rivers in Cities. *Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning*. 2025;4(4):19–26. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2025-4-4-19-26>

Введение. Малые реки являются наиболее распространенными элементами гидрографической сети Российской Федерации и охватывают значительные территории, а на их водосборной площади проживает около 30 % населения страны [1]. Как минимум одна малая река присутствует практически в каждом крупном городе и проходит через густонаселенные и перспективные к освоению районы. При этом до сих пор существует проблема грамотного научно-обоснованного использования их береговых территорий, а также отсутствует градостроительный механизм их планирования и проектирования.

Так, создание градостроительной модели комплексного планирования и проектирования береговых территорий малых рек в крупных городах становится необходимым элементом научно-методологических основ градостроительного планирования и проектирования береговых территорий малых рек [2]. Для этого необходимо разработать методику принятия решений при градостроительном планировании и проектировании береговых территорий малых рек, неотъемлемой частью которой мы считаем использование многокритериального анализа.

Материалы и методы. В настоящее время процесс принятия решений при градостроительном планировании и проектировании носит дискретный характер, имея разрывы между этапами [3–4]. Этот факт является препятствием для комплексного развития городской среды с учетом выделенных ранее групп факторов. Любой выбор в градостроительной практике должен быть обоснован и понятен различным группам населения, а также учитывать многие критерии и неопределенности, в том числе временные из-за продолжающегося научно-технического прогресса, а также риски катастрофических событий (аварии на атомных электростанциях, плотинах, землетрясения, затопления и т.д.) и различные группы интересов.

При этом проблемы в строительной и градостроительной сферах редко являются одномерными (проблемы с простыми ценностями). В основном это многомерные проблемы со сложными ценностями [5–8], где последствия не могут быть объективно и адекватно оценены одним критерием (например, с помощью денежных выражений). Системный подход позволил бы изменить практику.

Важно отметить, что примеры решения задач в градостроительстве, транспортном планировании и административно-хозяйственной деятельности территориальных субъектов с использованием многокритериального выбора уже существуют и описаны в ряде работ (таблица 1), что делает возможным применение данного метода для выбора и обоснования градостроительных сценариев развития конкретных городских территорий.

Таблица 1

Теория принятия решений при многих критериях: примеры из практики на основании работ
Р.Л. Кини и Х. Райфа [9–11]

№ п/п	Наименование примера	Краткое описание	Выводы по результатам использования инструментов многокритериального выбора
1	Проблемы загрязнения воздуха	Систематизация исходных данных, проблемы загрязнения с выделением отдельных веществ, конечных результатов и мер борьбы в общую модель оценки программ борьбы с загрязнением воздуха	Использование результатов выполненного анализа и использование их при формировании и выполнении программ борьбы с загрязнением воздуха в Нью-Йорке
2	Деятельность отдельных департаментов	Анализ организации работы департамента на примере пожарного депо, включая использование функции полезности для периодов реагирования как основы для принятия решений в оперативной деятельности	Получение функции полезности для пяти критериев — периодов реагирования с определением относительной ценности каждой минуты периода реагирования, что привело к возникновению структуры полезности в этой области
3	Удаление продуктов очищения сточных вод	Четыре основные цели (минимизация затрат/загрязнения водной среды/загрязнения воздуха/загрязнения земли) привели к вопросу возможности замещений	Были построены вероятностные распределения по четырем направлениям и совершен выбор этапности работ по удалению продуктов очищения сточных вод
4	Выбор профессии или места работы	Особенность — глубокое личное решение, однако возможна формализованная процедура оценки «достоинства» различных ситуаций с большим количеством критериев	Сведение предложений к альтернативам с иерархией целей и критериев, систематизация выбора на основании целей Миллера и с использованием градации целей по Тевелсу (обеспеченность, уверенность, независимость и т. д.)
5	Выбор технических решений по защите ОС	Обобщение и формализация данных и последовательность многокритериального выбора при выборе технических решений по защите окружающей среды	Выбор варианта (равнозначных вариантов) технических решений системы защиты ОС, удовлетворяющего требованиям не абсолютно всех, а наибольшего числа задействованных критериев
6	Анализ проблемы развития аэропорта для Мехико	Анализ альтернатив с позиции каждой группы лиц, принимающих решения и граждан, построение модели принятия решений, определение возможных последствий альтернатив и проведение проектных экспериментов, оценки на 1 год и введение зависимости от времени	Принятие решения на основании многомерной функции полезности и рассмотрения сценариев возможного развития событий, показывающих последствия альтернатив для последующего внесения изменений в стратегию развития города

Мы выбрали в качестве объекта исследования для структурирования методики береговые территории городских (малых) рек, которые взаимодействуют одновременно с транспортно-планировочным и природно-экологическим каркасами, а также с прилегающими функциональными зонами и системой инженерного обеспечения (рис. 1).

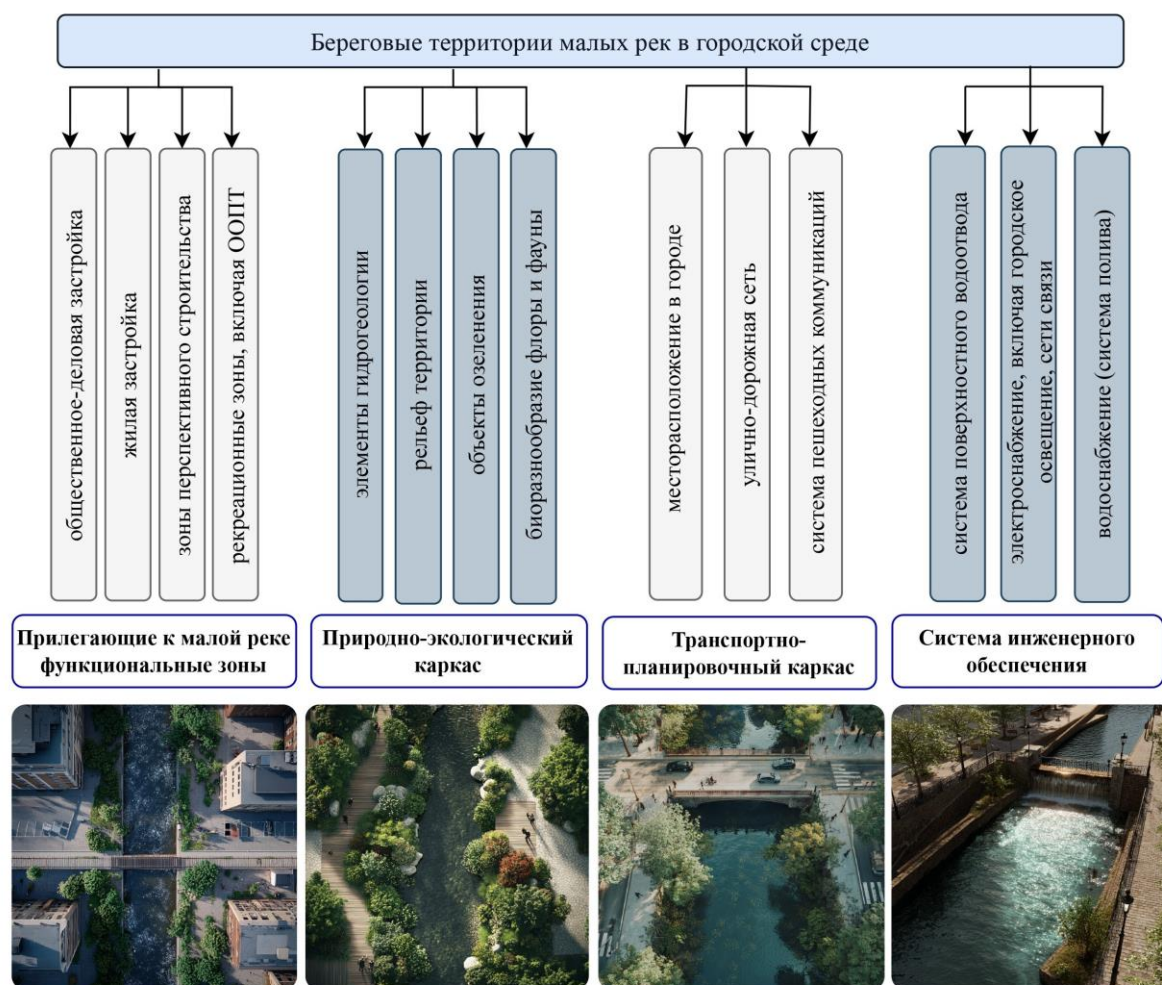


Рис. 1. Малые реки как часть городской среды

Для базовой схемы многокритериального выбора (рис. 2) отработан специальный математический аппарат, позволяющий упростить расчет по сравнению с общим случаем теории принятия решений, включающим в себя предварительный анализ, структурный анализ, дерево решений с вершинами двух типов, анализ неопределенности, а затем полезности и ценности с завершением процедурами оптимизации [9].

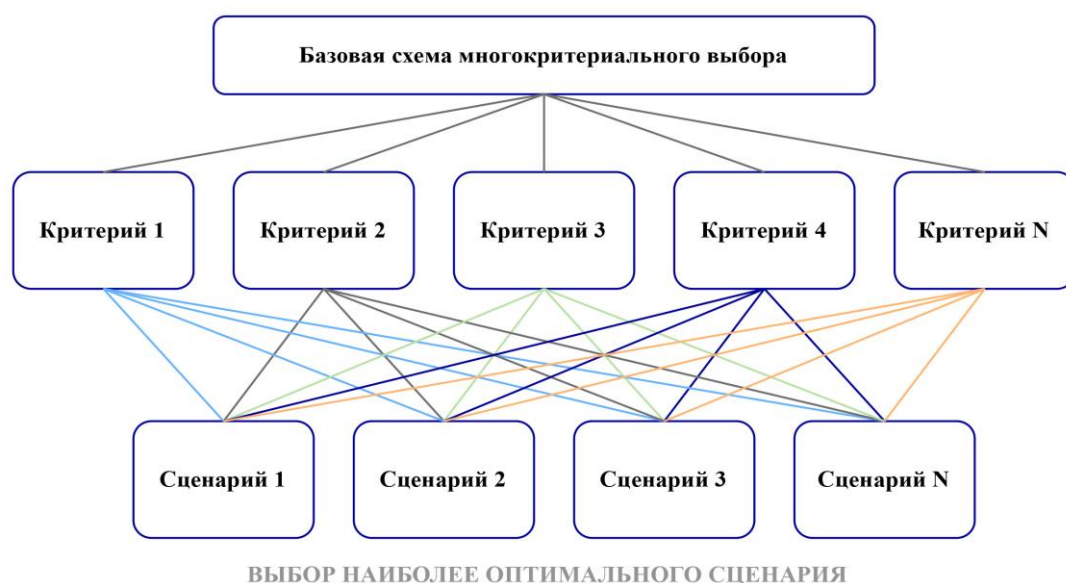


Рис. 2. Обобщенная структура схемы многокритериального выбора

Градостроительные решения — это, в том числе, распределение земли с учетом ограничений различного характера, включая экологические или связанные с культурным наследием. Важно отметить, что территория в городе представляет ценность прежде всего с точки зрения использования того, что на ней расположено. Если исходить из предположения, что эту ценность можно формализовать с помощью некоторой функции, которая на текущем уровне периода прогнозирования и развития различных интересов может быть выражена численно, то тогда стоит задача построить распределение площадей, которое максимизировало бы значение этой функции, а значит и ценность использования земли.

При построении подобной функции важно отметить, что в качестве переменных этой функции выступают критерии, характеризующие различные факторы в своих шкалах измерения. Дальнейшая формализация связана с определением тех вариантов, которые нельзя улучшить хотя бы по одному критерию, не ухудшив по-другому («множество Парето»).

Существуют математические обоснованные «замещения по ценности» выбранных критериев как в условиях определенности, так и в условиях неопределенности. В рамках этого процесса можно предположить результаты перехода определенных типов действий в последствия с помощью использования многомерных функций ценности [9–11]. Процесс исследования выбора, не требующего формализации структуры предпочтений, привел нас к выводам в области их структуризации для градостроительной деятельности и возможностей предлагаемого научного подхода.

Результаты исследования. В результате проведенных исследований было установлено, что в градостроительстве задача распределения площадей на конкретной территории зависит от коэффициента замещения, а именно, какую площадь назначения А мы готовы отдать за приращение площади назначения В на одну единицу. Сложность состоит в том, что коэффициент замещения не является постоянным, а меняется в зависимости от соотношения площадей: если площадь назначения А очень мала, то площадь назначения В велика. Соответственно, коэффициент замещения будет отличаться от противоположного варианта или с равными по размерам территориями назначений А и В.

Мы считаем возможным приложить общую теорию многокритериального выбора к конкретной градостроительной задаче, а именно, распределению площадей береговой территории.

Нами было выбрано два вида распределения площадей на одном участке при множестве вариантов распределения, что упрощает выбор площади от границы береговой линии до границы конкретной функциональной зоны.

Для формирования системного подхода, основанного на многокритериальном анализе, предположим, что:

а) ограничения уже учтены при отборе вариантов возможного распределения площадей;

б) конкретные особенности данной территории (рельеф, перспективы развития соседних территорий и т.д.) не учитываются для построения базовой модели территории.

Исходя из этого предполагаем, что мы оцениваем только влияние различных назначений территорий друг на друга. После учета влияния происходит конкретизация расположения выбранных площадей с учетом функциональных особенностей территорий.

Таким образом, базовая версия системного подхода включает в себя два назначения площадей: S_1 — под размещение рекреационной зоны, S_2 — под жилую застройку (рис. 3), и мы анализируем только взаимовлияние S_1 и S_2 , а не их конкретное расположение и конфигурацию, планируемые к рассмотрению на следующем этапе исследования.

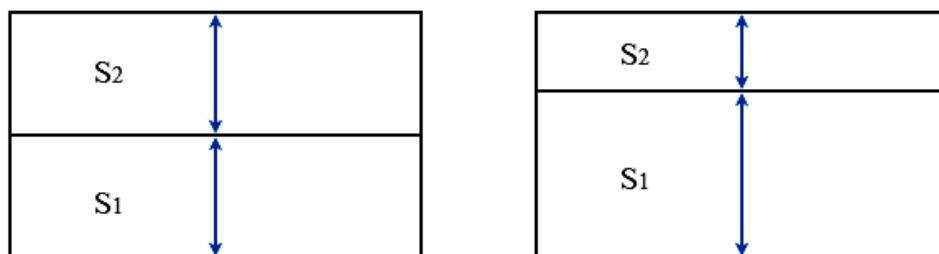


Рис. 3. Системный подход через распределение двух типов площадей

Далее необходимо использовать коэффициент замещения при различных отношениях и построить функцию ценности $W(V_1, V_2)$, где $V_1(S_1)$ и $V_1(S_2)$. С ее помощью можем найти такие значения S_1 и S_2 , при которых W достигает максимального значения.

На втором уровне системного подхода может быть случай с тремя типами назначения площадей (S_1 , S_2 и S_3). В этом случае соотношение становится трехмерным и коэффициент замещения меняется между каждыми двумя значениями площадей, и на них влияет еще и площадь третьего назначения.

Третий и далее уровни системного подхода — это работа с диаграммами (территориями) на 4, 5 и более назначений.

Таким образом, одной из задач становится исследование возможности взаимной компенсации значений критериев относительно друг друга (замещение по ценности). Это возможно при их систематизированной структуризации и использовании соответствующего коэффициента, на который может влиять окружение (уже застроенная территория вокруг) и другие факторы.

Следующим этапом может являться опрос эксперта или лица, принимающего решения (в рамках перечня предложений) об изменении ценности территорий, а также учет экологических, экономических, социальных и функциональных факторов, характеризующих территорию, а также их объединенных групп (рис. 4).



Рис. 4. Многокритериальный анализ при выборе сценария градостроительного планирования и проектирования береговых территорий малых рек

Также методика принятия решений при градостроительном планировании и проектировании береговых территорий малых рек крупных городов должна учитывать наличие интересов различных групп населения, включая бизнес-сообщества и органы местного и федерального управления, которые также сильно изменяются во времени. Результаты проводимых исследований станут частью решения научной проблемы противоречий между современным дискретным подходом к градостроительному планированию и проектированию береговых территорий малых рек и необходимостью перехода к комплексному этапному подходу для их планирования и проектирования с учетом социально-экономических и эколого-функциональных факторов.

Обсуждение и заключение. Таким образом, проведенное исследование подтверждает необходимость перехода от существующей дискретной системы градостроительного планирования и проектирования к системному подходу в освоении береговых территорий малых рек. Предложенная методика многокритериального анализа позволит преодолеть фрагментарность принятия решений и обеспечивает научно-обоснованный подход к распределению функциональных зон.

Ключевым результатом работы явилась разработка теоретической модели, основанной на принципах многомерной оптимизации и теории принятия решений и учитывающей взаимовлияние различных функциональных назначений территорий через систему коэффициентов замещения, что позволяет максимизировать общую ценность выбранной территории без привязки к конкретной конфигурации на начальном этапе.

Практическая значимость исследования заключается в формировании инструментария для сравнения альтернативных сценариев развития территорий при учете соответствующих групп факторов, а также повышении обоснованности принятия градостроительных решений.

Перспективы дальнейших исследований заключаются в расширении количества рассматриваемых функциональных назначений, интеграции в модель фактора динамики изменения критериев во времени, разработке механизмов учета интересов различных заинтересованных лиц и апробации методики на реальных участках береговых территорий малых рек в городе.

По нашему мнению, внедрение предложенной методики принятия решений при градостроительном планировании и проектировании береговых территорий малых рек в городах будет способствовать созданию сбалансированной и устойчивой городской среды, эффективно использующей их потенциал с учетом принципов биосферной совместимости.

Список литературы/References

1. Котлярова Е.В., Басистая С.П. Проблемы территориального планирования и проектирования береговых территорий малых рек крупных городов. *Биосферная совместимость: человек, регион, технологии*. 2024;4:41–51. <https://doi.org/10.22227/2311-1518.2024.4.41-51>

- Kotlyarova EV, Basistaya SP Problems of Territorial Planning and Design of Coastal Areas of Small rivers of Large Cities. *Biosphere Compatibility: Man, Region, Technology*. 2024;4:41–51. (In Russ.) <https://doi.org/10.22227/2311-1518.2024.4.41-51>
2. Kotlyarova E., Oleynikova P., Basistaya S. Coastal territories of small rivers in the context of the modern landscape architecture development. *E3S Web of conferences*. 2024;583:02008. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202458302008>
3. Андропова Д.Д., Нижегородцева Ю.Е., Гудков А.А. Экологические подходы к формированию общественных приречных пространств как инструмент развития водно-зеленого каркаса города Новокузнецка. *Строительство: наука и образование*. 2024;14:113–148. <https://doi.org/10.22227/2305-5502.2024.2.113-148>
- Andropova DD, Nizhegorodtseva YuE, Gudkov AA Ecological Approaches to the Formation of Public Riverside Spaces as a Tool for the Development of Water and Green Framework of Novokuznetsk City. *Construction: Science and Education*. 2024;14:113–148. (In Russ.) <https://doi.org/10.22227/2305-5502.2024.2.113-148>
4. Danilina N., Tsurenkova K., Berkovich V. Evaluating Urban Green Public Spaces: The Case Study of Krasnodar Region Cities, Russia. *Sustainability*. 2021;13:14059. <https://doi.org/10.3390/su132414059>
5. Zubarev K.P. The moisture regime of enclosing structures in different construction areas. *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*. 2024;20(3):159–166. <https://doi.org/10.22337/2587-9618-2024-20-3-159-166>
6. Danilina N., Majorzadehzahiri A. Impact of smart city on formation of a sustainable social smart city. *AIP Conference Proceedings*. 2023;2791:050025. <https://doi.org/10.1063/5.0143458>
7. Zubarev K.P. Taking into account moisture in increasing the accuracy of calculating heat losses of a building. *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*. 2024;20(1):154–161. <https://doi.org/10.22337/2587-9618-2024-20-1-154-161>
8. Береговских А.Н. Методологические основы для разработки инновационных инструментов градостроительного планирования. *Академический вестник УралНИИпроект РААСН*. 2025;1(64):15–21. <https://doi.org/10.25628/UNIIP.2025.64.1.020>
- Beregovskikh AN Methodological Foundations for the Development of Innovative Urban Planning Tools. *Academic Bulletin of URALNIIPROEKT RAASN*. 2025;1(64):15–21. (In Russ.) <https://doi.org/10.25628/UNIIP.2025.64.1.020>
9. Кини Р.Л., Райфа Х. *Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения*. Москва: Радио и связь; 1981. 560 с.
- Keeney RL, Raifa H *Decision Making with Multiple Criteria: Preferences and Substitutions*. М.: Радио и связь; 1981. 560 р. (In Russ.)
10. Копытина Е.А., Петрикеева Н.А., Тульская С.Г., Кузнецов С.Н. Применение теории игр в строительной деятельности. *Научный журнал строительства и архитектуры*. 2018;4(52). <https://doi.org/10.25987/VSTU.2018.52.4.013>
- Kopytina EA, Petrikeeva NA, Tulskaia SG, Kuznetsov SN Application of the Game Theory in Construction Activity. *Russian Journal of Building Construction and Architecture*. 2018;4(52). (In Russ.) <https://doi.org/10.25987/VSTU.2018.52.4.013>
11. Савватеев А.В. *Задача многомерного размещения и ее приложения: теоретико-игровой подход*. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 08.00.13 — Математические и инструментальные методы экономики. Москва; 2013. 27 с.
- Savvateev AV *Multidimensional Placement Problem and its Applications: Game-Theoretic Approach*. Abstract of Dissertation for the Degree of Doctor of Sciences in Physics and Mathematics in specialty 08.00.13 — Mathematical and Instrumental Methods of Economics. Moscow; 2013. 27 p. (In Russ.)

Об авторах:

Данилина Нина Васильевна, доктор технических наук, член-корреспондент РААСН, заведующая кафедрой градостроительства Национального исследовательского Московского государственного строительного университета (129337, Российская Федерация, г. Москва, Ярославское шоссе, 26), [ResearcherID](#), [ScopusID](#), [ORCID](#), nina_danilina@mail.ru

Котлярова Екатерина Владимировна, кандидат экономических наук, доцент, доцент института опережающих технологий «Школа Икс» Донского государственного технического университета (344041, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, ул. Шаповалова, 2а), [ORCID](#), ekkot.arch@gmail.com

Глаголев Владислав Олегович, магистрант Института опережающих технологий «Школа Икс» Донского государственного технического университета (344041, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, ул. Шаповалова, 2а), vlra338565@gmail.com

Заявленный вклад соавторов:

Н.В. Данилина: научное руководство, анализ результатов исследований, корректировка выводов.

Е.В. Котлярова: формирование основной концепции, цели и задачи исследования, подготовка текста, проведение расчетов, формирование выводов.

В.О. Глаголев: доработка текста, работа с иллюстрациями, обоснование актуальности исследования.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи

About the Authors

Nina V. Danilina, Dr.Sc. (Eng.), Corresponding Member of the Russian Academy of Natural Sciences, Head of the Department of Urban Planning at the National Research Moscow State University of Civil Engineering (26 Yaroslavskoe Highway, Moscow, 129337, Russian Federation) [ResearcherID](#), [ScopusID](#), [ORCID](#), nina_danilina@mail.ru

Ekaterina V. Kotlyarova, PhD in Economics, Associate Professor, Associate Professor at the Institute of Advanced Technologies "School of X" of the Don State Technical University (2a Shapovalov Str., Rostov-on-Don, 344041, Russian Federation), [ORCID](#), ekkot.arch@gmail.com

Vladislav O. Glagolev, Master student at the Institute of Advanced Technologies "School of X" of the Don State Technical University (2a Shapovalov Str., Rostov-on-Don, 344041, Russian Federation), vlra338565@gmail.com

Claimed contributorship:

NV Danilina: scientific supervision, analysis of the research results, correction of the conclusions.

EV Kotlyarova: formation of the basic concept, aims of the study, preparation of the manuscript, calculations, conclusions.

VO Glagolev: revision of the manuscript, work with the illustrations, substantiation of the relevance of the study.

Conflict of interest statement: the authors do not have any conflict of interest.

All authors have read and approved the final version of manuscript.

Поступила в редакцию / Received 07.09.2025

Поступила после рецензирования / Reviewed 21.09.2025

Принята к публикации / Accepted 05.10.2025