

Оценка социально-экологической комфортности городской среды с применением геоинформационного подхода

О. Е. Архипова¹✉, В. В. Бойко², А. А. Базелюк²

¹Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук,
Российская Федерация

(344006, г. Ростов-на-Дону, пр-т Чехова, 41)

²Южный федеральный университет, Российская Федерация
(344006, г. Ростов-на-Дону, ул. Б. Садовая, 105/42)

Аннотация. Цель – изучение и оценка комфортности проживания населения на урбанизированной территории с учетом уровня развития социальной инфраструктуры методами геоинформационного анализа.

Материалы и методы. В основу оценки комфортности городской среды заложена утвержденная методика Минстроя России. Для анализа рассмотрена подсистема показателей, отвечающая за социальную инфраструктуру. Использована совокупность методов, технологий и инструментов, которые позволяют изучать пространственные объекты, явления и процессы. Кроме того, были использованы методы системного анализа и математического моделирования для оценки воздействия различных факторов на систему. Для проведения пространственного анализа загружены данные об объектах социальной инфраструктуры города Ростова-на-Дону с сайтов профильных министерств и ведомств Ростовской области, а также региональной информационной системы «Геоинформационная система Ростовской области». Базовым операционным слоем является слой с делением г. Ростова-на-Дону на районы.

Результаты и обсуждение. Все микрорайоны города разделены на следующие группы: 1) группа с высоким рейтингом (существенно не отличающаяся от оптимального критерия); 2) группа с рейтингом выше среднего, в которой балльные оценки приближаются к 1 категории; 3) группа со средним уровнем и 4) группа с низким уровнем комфорта. На карте представлены основные кластеры повышенного комфорта, которые образуют основные ядра тяготения в городе.

Выводы. Представлен авторский подход к оценке комфортности городской среды на территории г. Ростова-на-Дону, который позволяет оценить уровень комфортности города, основанный на использовании методов геоинформационного анализа и данных дистанционного зондирования Земли. Проведен анализ модели ранжирования микрорайонов по уровням комфортности проживания с учетом социальной инфраструктуры на основе метода «Поиск сходства», который позволил выявить основные зоны притяжения на урбанизированной территории.

Ключевые слова: Геоинформационные системы, пространственное моделирование, городская среда, качество городской среды, индикаторы качества.

Источник финансирования: Публикация подготовлена в рамках реализации ГЗ ЮНЦ РАН, № гр. Проекта 125011200143-4 «Геоинформационные региональные модели и методы исследования систем «водосбор-водоем»».

Для цитирования: Архипова О. Е., Бойко В. В., Базелюк А. А. Оценка комфортности городской среды. Геоинформационный подход // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*, 2025, № 3, с. 149-156. DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2025/3/149-156>

ВВЕДЕНИЕ

В современном обществе с постоянным ростом требований к условиям проживания все большее значение придается комфорту жизни. Важным фактором является также наличие транспортной инфраструктуры. Именно эти факторы во многом определяют качество жизни населения и являются ключевым критерием оценки уровня развития регионов и муниципальных образований. Низкое качество городской среды в большинстве случаев обусловлено рядом объективных и субъективных причин, связанных с ограниченностью средств, выделяемых на благоустройство, низким

уровнем социальной активности жителей и нерациональным отношением к существующим объектам благоустройства [8]. Использование подходов, описанных в работах [1, 7, 9-11], позволяет определить зоны комфортного проживания с учетом различных факторов, в том числе и природных. С 2019 года в рамках Федерального проекта «Формирование комфортной городской среды» реализуется проект, целью которого являлась разработка единых подходов комплексного развития городской инфраструктуры, создание условия для повышения качества и комфорта городской среды^{1, 2}. Индекс качества городской среды – инструмент, позво-

© Архипова О. Е., Бойко В. В., Базелюк А. А., 2025

✉ Архипова Ольга Евгеньевна, e-mail: arkhipova@ssc-ras.ru

¹Распоряжение Правительства РФ от 23 марта 2019 г. N 510-р в ред. Постановления Правительства РФ от 20.09.2023 N 1529).

²Федеральный проект «Формирование комфортной городской среды» (ФКГС). – URL: <https://pdminstroy.ru/federalniy-proekt-fkgs> (дата обращения: 26.05.2024). – Текст: электронный.



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

ляющий использовать результаты оценки для городов Российской Федерации [2]. Более подробный обзор исследования работ российских и зарубежных ученых по данной тематике был представлен авторами в работе [4]. Целью исследования является изучение и оценка комфортности проживания населения на городской территории с учетом развития социальной инфраструктуры методами геоинформационного анализа. Объект исследования – территория г. Ростова-на-Дону.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Источниками информации для проведения исследования являются данные о реальных объектах города. Для пространственного анализа в базу данных была загружена информация об объектах социальной инфраструктуры с сайтов министерств Ростовской области, а также пространственные данные региональной геоинформационной системы. Объекты, имеющие пространственную составляющую, были загружены в систему, для непространственных данных была произведена пространственная привязка методом адресного геокодирования. Для учета пространственного распределения объектов рассматривается разбиение всей территории города на отдельные микрорайоны.

Для обработки геоданных был использован инструмент ArcGIS Pro. Использование методов геоинформационного анализа позволяет автоматизировать процессы расчета индексов качества среды, а также визуализировать результаты картографическими методами. Пространственный анализ позволяет смоделировать различные сценарии развития города [6]. Кроме того, были использованы методы системного анализа для выявления более эффективных методов решения [5].

В основу оценки комфортности городской среды заложена методика, утвержденная Минстроем России³. На рисунке 1 представлена общая схема влияния основных выбранных факторов на комфортность среды, а в таблице 1 – формулы для расчета основных индексов. Для анализа используется подсистема показателей, отвечающая за социальную инфраструктуру. В качестве ключевого показателя качества окружающей среды рассматривается нормализованный вегетационный индекс (NDVI). Значения NDVI характеризуют плотность и здоровье растительности, более высокие значения индекса соответствуют более густой растительности и более надежной экологической среде. Степень озеленённости территории городских микрорайонов оценивалась на основе данных мультиспектрального изображения LandSat9 за летний период с высоким уровнем растительного покрова. Территории со значениями $NDVI \geq 0,3$ отнесены к территориям, покрытым растительностью. Значения $NDVI > 0,5$ характеризуют территории с зелеными насаждениями повышенной плотности биомассы. К ним относятся парки, скверы и городские леса.

В предыдущем исследовании авторами [3] была разработана методика определения зоны оптимального комфорта для каждого микрорайона города на основе построения буферных зон. Методом наложения были определены зоны оптимального местоположения объектов социальной инфраструктуры в каждом микрорайоне.

Под зоной оптимального комфорта понимается территория с максимальной доступностью социальных объектов и развитой транспортной инфраструктурой (табл. 1). Степень комфортности территории микрорайона в целом оценивается с учетом количественного

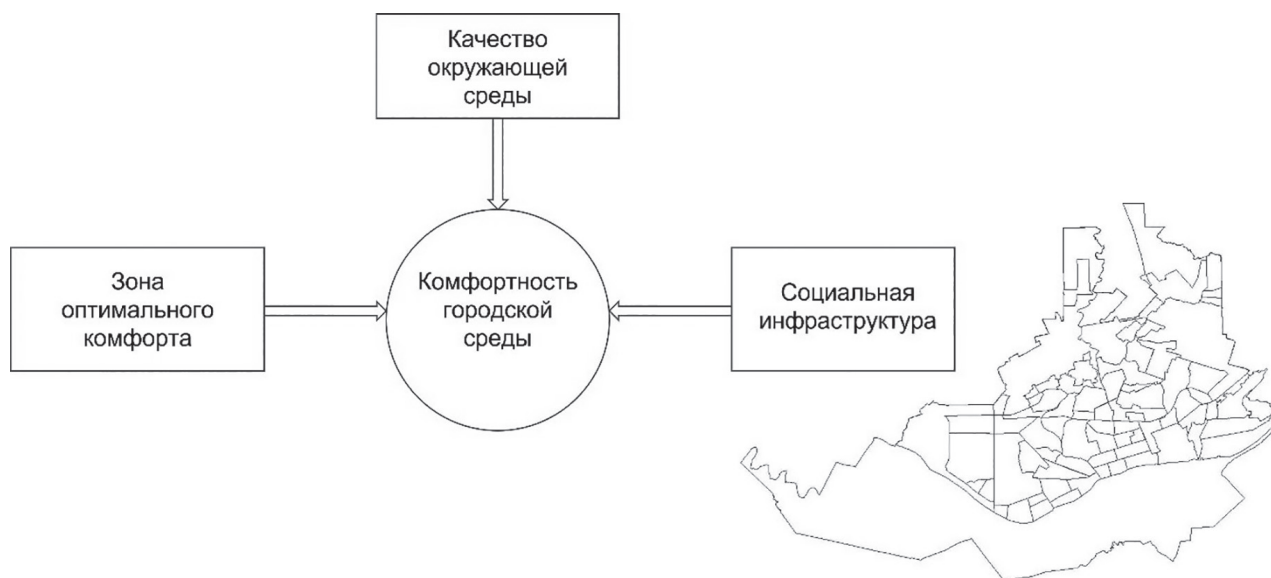


Рис. 1. Комфортность городской среды
[Fig. 1. The comfort of the urban environment]

³ Приказ Минстроя России от 31 октября 2017 г. № 1494/пр «Об утверждении Методики определения индекса качества городской среды муниципальных образований Российской Федерации». – URL: <https://www.minstroyrf.ru/docs/15538/> (дата обращения: 26.03.2024). – Текст: электронный.

Таблица 1

Значения удаленности социальных объектов в соответствии с нормативами градостроительного проектирования для г. Ростова-на-Дону⁴

[Table 1. Values of distance of social facilities in accordance with urban planning standards for Rostov-on-Don]

№ п/п	Социальные объекты / Social facilities	Удаленность, м / Distance, m
1	больницы, госпитали / hospitals	1000
2	поликлиники / polyclinics	1000
3	детские сады / kindergartens	500
4	школы / schools	500
5	остановки / stops	400

Таблица 2

Методика расчета комфортности городской среды

[Table 2. Methodology for calculating the comfort of the urban environment]

Факторы / Faktors	Формула для расчета / Formula for calculation	Описание / Details
Объекты социальной инфраструктуры: детские дошкольные учреждения, общеобразовательные учреждения, МФЦ, учреждения здравоохранения, отделения почтовой связи, детские площадки и спортивные площадки, скверы, парки, леса	$K_{li} = I / S_m$	K_{li} – доля социальных объектов i -вида / the share of social objects of i -type I – количество объектов социальной инфраструк- туры i -вида / number of social infrastructure facilities of type i S_m – площадь микрорайона/ microdistrict area
Уровень озеленения рассчитывается с помощью дешифрирова- ния космических снимков и определения доли площади, покрытой растительностью, в общей площади	$K_2 = V_{tot} / S_m$	K_2 – доля озелененных территорий микрорайона / Share of green areas in the microdistrict V_{tot} – площадь озелененных территорий микро- района / area of green areas of the microdistrict S_m – площадь микрорайона/ microdistrict area
Состояние зеленых насаждений	$K_3 = V_{max} / V_{tot}$	K_3 – доля территории с озелененными наса- ждениями повышенной плотности биомассы / The proportion of the territory with green spaces of increased biomass density V_{tot} – площадь озелененных территорий микро- района / area of green areas of the microdistrict V_{max} – территории с озелененными насаждениями повышенной плотности биомассы ($NDVI > 0.5$) / areas with green spaces of increased biomass density
Зона оптимального комфорта	$K_{opt} = (b_1 \cap b_2 \cap \dots \cap b_k) \cap Z / S_m$	пересечение буферных зон (b_i) нормативов уда- ленности от объектов социальной инфраструкту- ры (табл. 2) и слоя жилой застройки (Z) / Intersec- tion of buffer zones (b_i) of distance standards from social infrastructure facilities (Table 2) and the resi- dential development layer (Z) S_m – площадь микрорайона/ microdistrict area

расположения социальных объектов и площади микрорайона (табл. 2). Для определения принадлежности объектов к определенному микрорайону используется метод пространственного соединения.

Объединение разнородных составляющих в единый показатель производится методом балльной оценки. Метод представляет набор исходных оценочных значений в виде интервальных балльных оценок. Дан-

⁴Нормативы градостроительного проектирования городского округа «Город Ростов-на-Дону». – URL: <https://docs.cntd.ru/document/406730154?marker=VO6JIF§ion=text> (дата обращения: 26.03.2024). – Текст: электронный.

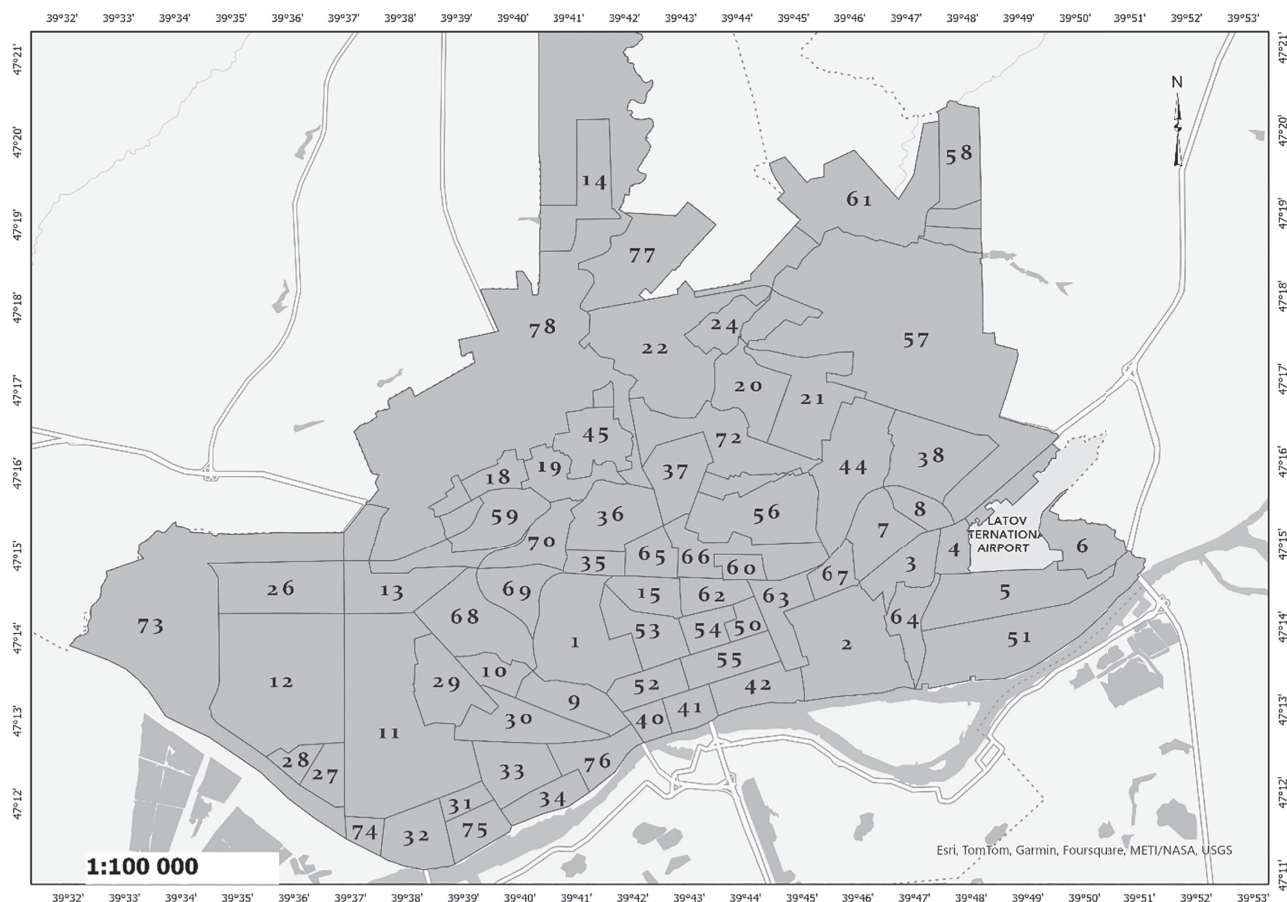
ный метод реализован в официальной методике Минстроя России. Индикаторы оцениваются по шкале от минимального значения (1 балл), до максимального (10 баллов). Минимальные и максимальные абсолютные значения определяются после сбора данных по каждой группе факторов. Полученная система показателей сводится в интегральный критерий одним из методов многокритериального анализа альтернатив. В данном исследовании использован метод «Поиск сходства», реализованный в среде ArcGIS Pro. Данный метод используется для отбора объектов-кандидатов, которые имеют наибольшее сходство с одним или более объектов сопоставления (оптимального критерия). Со-

поставление производится на основе ранжированных индикаторов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ГИС загружены операционные слои всех социальных объектов, а также слой жилых зданий. Так как районы города охватывают большую территорию, а объекты расположены неравномерно, будем рассматривать деление города на исторически сложившиеся микрорайоны. Всего в городе 78 микрорайонов (рис. 2).

Для определения значений индикаторов K_{ji} (см. табл. 2) методом пространственного соединения была определена принадлежность каждой группы объектов к определенному микрорайону. Проведено



- Условные обозначения: 1. Новое Поселение; 2. Нахичевань; 3. Берберовка; 4. Фрунзе; 5. Верхняя Александровка; 6. Кирпичный; 7. Сельмаш; 8. 1-й Орджоникидзе; 9. Ленгородок; 10. Олимпиадовка; 11. ЗЖМ; 12. Левенцовский; 13. Змиёвка; 14. Суворовский; 15. Рабочий городок; 16. Стройгородок; 17. Болгарстрой; 18. Военвед; 19. Каменка; 20. Мирный; 21. Чкалова; 22. СЖМ; 23. Верхнетемерницкий; 24. Мясникован; 25. Темерник; 26. Северо-Западная промзона; 27. ГПЗ-10; 28. Юго-Западная промзона; 29. Западный посёлок; 30. Красный город-сад; 31. Вертолётное поле; 32. Нижнегниловской; 33. Камышевахтинский; 34. Верхнегниловской; 35. Безымянная балка; 36. Новый город; 37. Северный посёлок; 38. 2-й Орджоникидзе; 39. Нефтекачка; 40. Доломановская слобода; 41. Солдатская слобода; 42. Богатыновка; 43. Посёлок Пилотов; 44. Промзона Ростсельмаш; 45. Промзона Каменка; 46. Совхозный; 47. Автооборочный; 48. Платовский; 49. Камышев; 50. Байковский хутор; 51. Нижняя Александровка; 52. Центр (Ленинский); 53. Центр (Октябрьский); 54. Инподром; 55. Центр (Кировский); 56. Промзона Ростертол; 57. Первомайский; 58. Первомайский; 59. Соловьиная роца; 60. Дачный; 61. Ворошиловский; 62. Кировский; 63. Пролетарский; 64. Пролетарский; 65. Октябрьский; 66. Ворошиловский; 67. Первомайский; 68. Железнодорожный; 69. Ленинский; 70. Октябрьский; 71. Советский; 72. Ворошиловский; 73. Советский; 74. Железнодорожный; 75. Железнодорожный; 76. Железнодорожный; 77. Ворошиловский; 78. Октябрьский

Рис. 2. Микрорайоны (Ростов-на-Дону)
[Fig. 2. Microdistricts (Rostov-on-Don)]

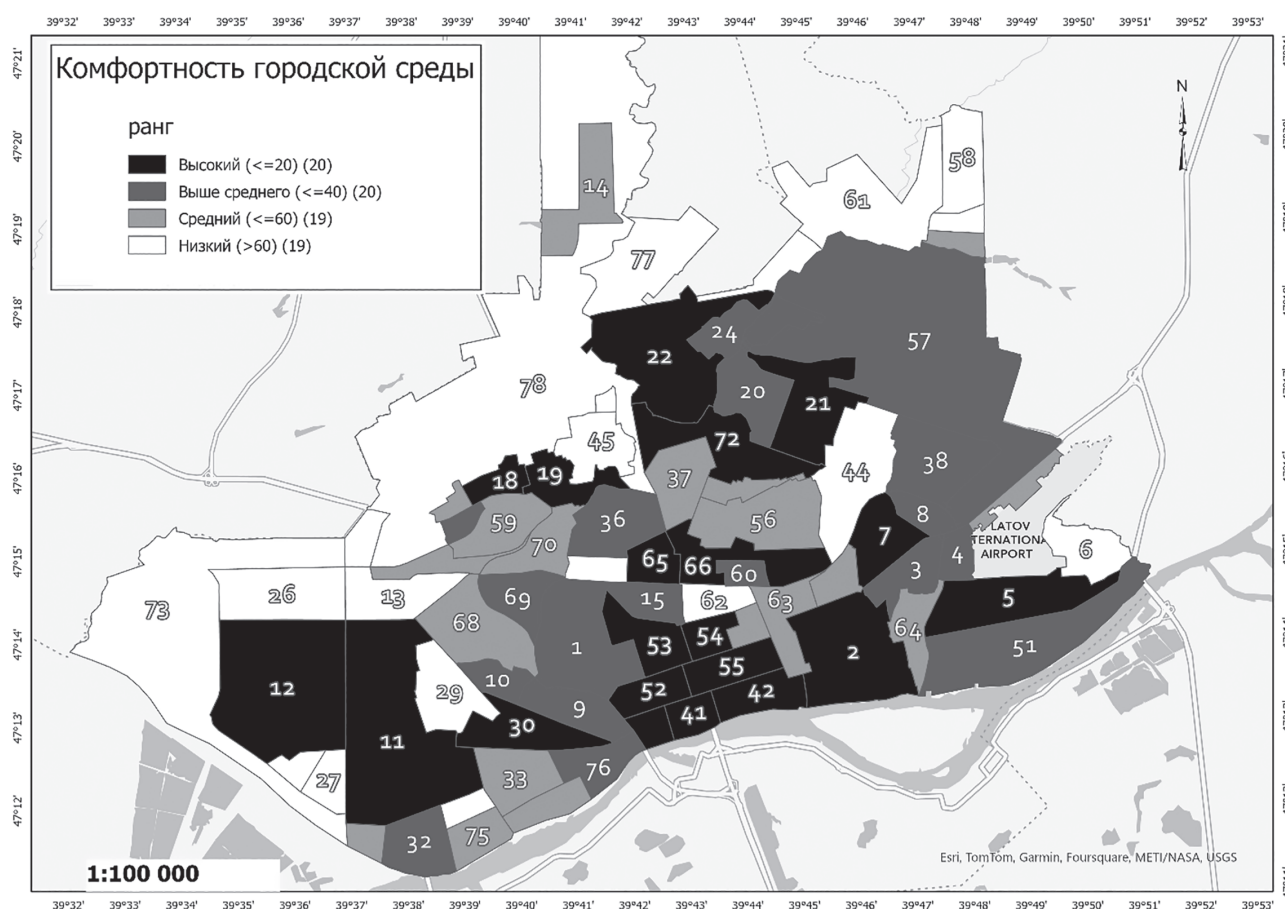
разбиение полученного набора на 10 классов согласно выбранной системы баллов.

Для расчета показателей K_2 и K_3 был построен растр значений NDVI на основе снимка LandSat9 – LC09_L2SP_174027_20220603. Полученный растр классифицирован, выделены классы с растительностью ($\geq 0,3$) и с густой растительностью ($\geq 0,5$) и определены площади микрорайонов, покрытых растительностью и зелеными насаждениями с повышенной плотностью биомассы. Полученный набор также ранжирован в заданном диапазоне.

Для выбора оптимальной зоны комфортности были заданы радиусы буферных зон для каждой кате-

гории социальных объектов (см. табл. 1). Поскольку была поставлена задача найти оптимальное расстояние до всех объектов инфраструктуры, было построено пересечение всех полученных в процессе вычисления буферных зон с использованием инструмента «пересечение». При помощи метода пространственного соединения определены объекты для каждого микрорайона. Далее вычислен набор индикаторов K_{opt} по всем микрорайонам и определена балльная оценка с ранжированием от «min» к «max».

В качестве объектов-кандидатов рассматривались векторы-микрорайоны с частными балльными оценками по всем факторам. В качестве критерия оптималь-



Условные обозначения: 1. Новое Поселение; 2. Нахичевань; 3. Берберовка; 4. Фрунзе; 5. Верхняя Александровка; 6. Кирпичный; 7. Сельмаш; 8. 1-й Орджоникидзе; 9. Ленгородок; 10. Олимпиадовка; 11. ЗЖМ; 12. Левенцовский; 13. Змиёвка; 14. Суворовский; 15. Рабочий городок; 16. Стройгородок; 17. Болгарстрой; 18. Военед; 19. Каменка; 20. Мирный; 21. Чкалова; 22. СЖМ; 23. Верхнетемерницкий; 24. Мясникован; 25. Темерник; 26. Северо-Западная промзона; 27. ГПЗ-10; 28. Юго-Западная промзона; 29. Западный посёлок; 30. Красный город-сад; 31. Вертолётное поле; 32. Нижнегниловской; 33. Камышевахтинский; 34. Верхнегниловской; 35. Безымянная балка; 36. Новый город; 37. Северный поселок; 38. 2-й Орджоникидзе; 39. Нефтекачка; 40. Доломановская слобода; 41. Солдатская слобода; 42. Богатыновка; 43. Посёлок Пилотов; 44. Промзона Ростсельмаш; 45. Промзона Каменка; 46. Совхозный; 47. Автооборочный; 48. Платовский; 49. Камышев; 50. Байковский хутор; 51. Нижняя Александровка; 52. Центр (Ленинский); 53. Центр (Октябрьский); 54. Ипподром; 55. Центр (Кировский); 56. Промзона Роствертол; 57. Первомайский; 58. Первомайская; 59. Соловьиная роща; 60. Дачный; 61. Ворошиловский; 62. Кировский; 63. Пролетарский; 64. Пролетарский; 65. Октябрьский; 66. Ворошиловский; 67. Первомайский; 68. Железнодорожный; 69. Ленинский; 70. Октябрьский; 71. Советский; 72. Ворошиловский; 73. Советский; 74. Железнодорожный; 75. Железнодорожный; 76. Железнодорожный; 77. Ворошиловский; 78. Октябрьский

Рис. 3. Комфортность городской среды г. Ростова-на-Дону (Метод «поиск сходства»)
[Fig. 3. Comfort of the urban environment of Rostov-on-Don (Similarity search method)]

ности выбран вектор с максимальными 10-балльными оценками по всем факторам. Результат работы инструмента «Поиск сходства» представлен на рисунке 3. В результате все микрорайоны города были разделены на следующие группы: 1) с высоким рейтингом (существенно не отличающиеся от оптимального критерия); 2) с рейтингом выше среднего, в которой балльные оценки приближаются к 1 категории; 3) средний уровень; 4) низкий уровень комфорта.

На рисунке 3 можно видеть основные кластеры повышенного комфорта, которые образуют ядра тяготения в городе.

Это центр города (41, 42, 52-55), западная часть города (11, 12, 30), куда входит быстро развивающийся микрорайон Левенцовка, район площади Ленина (65, 66). Это районы с хорошо развитой инфраструктурой и большим количеством социальных объектов. Однако только район Верхняя Александровка (5), Ворошиловский (72) и микрорайон Чкаловский (21) удовлетворяют требованиям экологической комфортности при высоких показателях социальной инфраструктуры. К группе с низким уровнем комфортности относятся в основном территории, принадлежащие промышленной зоне города, и два относительно новых микрорайона на окраине города – Платовский (48) и Суворовский (14). При достаточно высоких экологических индексах, индексы социальной инфраструктуры здесь остаются низкими.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В исследовании нами представлен авторский подход к оценке комфортности городской среды г. Ростова-на-Дону, который позволяет провести анализ с использованием современных информационных технологий и данных дистанционного зондирования Земли. Проведен анализ модели ранжирования микрорайонов по уровням комфортности проживания на основе метода «Поиск сходства», который позволил выявить основные зоны притяжения на урбанизированной территории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беляева Л. О., Стрелец К. И. Оценка комфортности городской среды // *Русский журнал строительных наук и технологий*, 2023, т. 9, № 1, с. 33-47.
2. *Современные теории социального благополучия: учебное пособие* / Л. М. Билалова, З. К. Гареева, О. М. Иванова, Т. А. Черникова. Москва: Издательский Естествознания, 2017. 128 с.
3. Бойко В. В., Архипова О. Е. Геоинформационный анализ уровня комфортности проживания на урбанизированной территории // *Экология. Экономика. Информатика. Серия: Геоинформационные технологии и космический мониторинг*, 2024, т. 2, № 9, с. 10-18.
4. Бойко В. В., Архипова О. Е., Базелюк А. А. Комфортность городской среды: Обзор методов и подходов // *Экология. Экономика. Информатика. Серия: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем*, 2024, т. 1, № 9, с. 260-271.
5. Боргоякова Т. Г., Лозицкая Е. В. Системный анализ и математическое моделирование // *Инженерный Вестник Дона*, 2018, № 1 (48). Электронный журнал. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistemnyy-analiz-i-matematicheskoe-modelirovanie> (дата обращения: 06.03.2025). – Текст: электронный.
6. Грекусис Дж. *Методы и практика пространственного анализа. Описание, исследование и объяснение с использованием ГИС* / пер. с англ. А. Н. Киселева. Москва: ДМК Пресс, 2021. 500 с.
7. Долгачева Т. А., Аникин В. В. Анализ природных показателей комфортности городской среды (на примере города Саранска) // *Материалы II Международной научно-практической конференции «Природные опасности: связь науки и практики»*, 2015, с. 134-137.
8. Петрина О. А., Стадолин М. Е. Комфортная городская среда: тенденции и проблемы организации // *Вестник университета*, 2018, № 6, с. 34-38.
9. Скачкова М. Е., Копалина К. М. Оценка уровня комфортности объектов озеленения урбанизированных территорий // *Вестник СГУГиТ*, 2020, т. 25, № 2, с. 244-258.
10. Тикунов В. С., Белоусов С. К. Интегральная оценка и картографирование антропогенного воздействия на природную среду регионов России // *Наука. Инновации. Технологии*, 2021, № 1, с. 89-106.
11. Fangyuan Lui, Chen Zhang, Haoyu Cao, Xibin Wang, Tong Zheng, Zhenfang Huang. Assessment of ecological environment quality and their drivers in urban agglomeration based on a novel remote sensing ecological index // *Ecological Indicators*, 2025, vol. 170, pp. 113104.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию: 11.03.2025

Принята к публикации: 01.09.2025

Assessment of the Socio-Ecological Comfort of the Urban Environment Using a Geoinformation Approach

O. E. Arkhipova¹✉, V. V. Boyko², A. A. Bazelyuk²

¹Federal Research Centre Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences,
Russian Federation

(41, Chekhov Ave., Rostov-on-Don, 344006)

²Southern Federal University, Russian Federation
(105/42, Bolshaya Sadovaya Str., Rostov-on-Don, 344006)

Abstract. The purpose is to study and assess the living comfort of the population in an urbanized area, taking into account the level of development of social infrastructure using geoinformation analysis methods.

Materials and methods. The assessment of the comfort of the urban environment is based on the approved methodology of the Ministry of Construction of Russia. For the analysis, a subsystem of indicators responsible for social infrastructure was considered. A set of methods, technologies, and tools that allow for the study of spatial objects, phenomena, and processes has been used. In addition, methods of system analysis and mathematical modeling were used to assess the impact of various factors on the system. For spatial analysis, data on the social infrastructure facilities of the city of Rostov-on-Don were downloaded from the websites of the relevant ministries and departments of the Rostov Region, as well as the regional information system "Geoinformation System of the Rostov Region." The base operational layer is the layer with the division of the city of Rostov-on-Don into districts.

Results and discussion. All microdistricts of the city were divided into the following groups: 1) the group with a high rating (not significantly different from the optimal criterion); 2) the group with a rating above average, in which the scores are close to category 1; 3) the group with an average level and 4) the group with a low level of comfort. The map shows the main clusters of increased comfort, which form the main centres of attraction in the city.

Conclusion. An author's approach to assessing the comfort of the urban environment in Rostov-on-Don is presented, which allows for assessing the level of city comfort based on the use of geoinformation analysis methods and Earth remote sensing data. An analysis of the model for ranking microdistricts by living comfort levels, taking into account social infrastructure, was carried out based on the "Search for Similarity" method, which made it possible to identify the main attraction zones in the urbanized territory.

Key words: geoinformation systems, spatial modeling, urban environment, quality of the urban environment, quality indicators.

Funding: The publication was prepared within the framework of the implementation of the State assignment of the Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Project 125011200143-4 «Geoinformation regional models and methods for studying «catchment-reservoir» systems».

For citation: Arkhipova O. E., Boyko V. V., Bazelyuk A. A. Assessment of the Socio-Ecological Comfort of the Urban Environment Using a Geoinformation Approach. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya*, 2025, no. 3, pp. 149-156. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2025/3/149-156>

REFERENCES

1. Belyaeva L. O., Strelets K. I. Otsenka komfortnosti gorodskoy sredy [Assessment of the comfort of the urban environment]. *Russkiy zhurnal stroitel'nykh nauk i tekhnologiy*, 2023, vol. 9, no. 1. pp. 33-47. (In Russ.)
2. *Sovremennye teorii social'nogo blagopolucia: uchebnoe posobie* [Modern theories of social welfare: a textbook] / L. M. Bilalova, Z. K. Gareeva, O. M. Ivanova, T. A. Chernikova. Moscow: Izdatel'skiy Estestvoznaniya, 2017. 128 p. (In Russ.)
3. Boyko V. V., Arkhipova O. E. Geoinformatsionnyy analiz urovnya komfortnosti prozhivaniya na urbanizirovannoy territorii [Geoinformation analysis of the level of living comfort in an urbanized area]. *Ekologiya. Ekonomika. Informatika. Seriya: Geoinformatsionnyye tekhnologii i kosmicheskii monitoring*, 2024, vol. 2, no. 9, pp. 10-18. (In Russ.)
4. Boyko V. V., Arkhipova O. E., Bazelyuk A. A. Komfortnost' gorodskoy sredy: Obzor metodov i podkhodov [Comfort of the urban environment: Review of methods and approaches]. *Ekologiya. Ekonomika. Informatika. Seriya: Sistemnyy analiz i modelirovaniye ekonomicheskikh i ekologicheskikh sistem*, 2024, vol. 1, no. 9. pp. 260-271. (In Russ.)
5. Borgoyakova T. G., Lozitskaya E. V. Sistemnyy analiz i matematicheskoye modelirovaniye [Systems analysis and mathematical modeling]. *Inzhenernyy Vestnik Dona. Elektronnyy zhurnal*, 2018, no. 1 (48). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistemnyy-analiz-i-matematicheskoe-modelirovanie> (accessed 06.04.2024). – Text: electronic. (In Russ.)
6. Grekusi J. *Metody i praktika prostranstvennogo analiza. Opisanie, issledovaniye i ob'yasneniye s ispol'zovaniyem GIS* [Methods and Practice of Spatial Analysis. Description, Research



and Explanation Using GIS]. Moscow: DMK Press, 2021, 500 p. (In Russ.)

7. Dolgacheva T.A., Anikin V.V. Analiz prirodnikh pokazateley komfortnosti gorodskoy sredy (na primere goroda Saranska) [Analysis of natural indicators of comfort of the urban environment (on the example of the city of Saransk)]. *Materialy II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Prirodnyye opasnosti: svyaz' nauki i praktiki»*, 2015, pp. 134-137. (In Russ.)

8. Petrina O.A., Stadolin M.E. Komfortnaya gorodskaya sreda: tendentsii i problemy organizatsii [Comfortable urban environment: trends and problems of organization]. *Vestnik universiteta*, 2018, no. 6, pp. 34-38. (In Russ.)

9. Skachkova M.E., Kopalina K.M. Otsenka urovnya komfortnosti ob"ektov ozeleneniya urbanizirovannykh territoriy [Assessment of the comfort level of greenery objects in urbanized areas]. *Vestnik SGUGiT*, 2020, vol. 25, no. 2, pp. 244-258. (In Russ.)

10. Tikunov V.S., Belousov S.K. Integral'naya otsenka i kartografirovaniye antropogennogo vozdeystviya na prirodnuyu sredu regionov Rossii [Integral assessment and mapping of anthropogenic impact on the natural environment of Russian regions]. *Nauka. Innovatsii, Tekhnologii*, 2021, no. 1, pp. 89-106. (In Russ.)

11. Fangyuan Lui, Chen Zhang, Haoyu Cao, Xibin Wang, Tong Zheng, Zhenfang Huang. Assessment of ecological environment quality and their drivers in urban agglomeration based on a novel remote sensing ecological index. *Ecological Indicators*, 2025, vol. 170, pp. 113104.

Conflict of interests: The authors declare no information of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Received: 11.03.2025

Accepted: 01.09.2025

Архипова Ольга Евгеньевна

Ведущий научный сотрудник Федерального исследовательского центра Южного научного центра Российской академии наук, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация, ORCID: 0000-0002-2218-3077, e-mail: arkhipova@ssc-ras.ru

Бойко Виктория Васильевна

Кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной математики и программирования Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация, ORCID: 0009-0009-1656-818X, e-mail: victoria_boyko@mail.ru

Базельюк Александр Анатольевич

Магистрант кафедры прикладной информатики и инноватики Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация, ORCID: 0009-0000-5107-1763, e-mail: bznk@mail.ru

Olga E. Arkhipova

Leading Researcher of the Federal Research Center of the Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-2218-3077, e-mail: arkhipova@ssc-ras.ru

Victoria V. Boyko

Cand. Sci. (Tech.), Assoc. Prof. at the Department of Applied Mathematics and Programming, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation, ORCID: 0009-0009-1656-818X, e-mail: victoria_boyko@mail.ru

Alexander A. Bazelyuk

Master's student at the Department of Applied Informatics and Innovation, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation, ORCID: 0009-0000-5107-1763, e-mail: bznk@mail.ru