

УДК 528.91:711.4

DOI 10.33764/2411-1759-2024-29-5-125-136

Создание инструмента пространственного анализа для расчета сценарного индекса качества городской среды и оценки динамики его изменения

И. А. Мусихин¹✉

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация

e-mail: i.a.musikhin_vr@ssga.ru

Аннотация. На основе лучших практик и документов, регламентирующих градостроительную деятельность, разработан и, на примере г. Новосибирска, апробирован инструмент пространственного анализа и расчета значений сценарного индекса качества городской среды, а также оценки динамики его изменений в ходе реализации мероприятий генерального плана или модификации сценария. Показаны возможности геоинформационных технологий в создании эффективного инструмента пространственного анализа для муниципальных властей, федеральных и муниципальных учреждений, бизнеса и различных категорий горожан. Описаны источники исходных данных, методы сценарного моделирования, сбора и обновления информации. Для района исследования отобраны новые индикаторы, на основе которых была модифицирована федеральная методика формирования индекса качества городской среды. Разработаны экспертная база знаний и методика формирования сценарных планов. Предложен математический аппарат для расчета значений сценарных индексов качества городской среды и оценки динамики их изменения. На территорию Новосибирска рассчитаны сценарные значения индексов качества городской среды и созданы картосхемы, описывающие ее состояние.

Ключевые слова: база знаний, геофрагмент, ГИС, индекс качества городской среды, оценка, динамика, пространственный анализ, программное обеспечение, сценарный план

Для цитирования:

Мусихин И. А. Создание инструмента пространственного анализа для расчета сценарного индекса качества городской среды и оценки динамики его изменения // Вестник СГУГиТ. – 2024. – Т. 29, № 5. – С. 125–136. – DOI 10.33764/2411-1759-2024-29-5-125-136

Введение

Идея о необходимости разработки программного инструмента, позволяющего выполнять пространственный анализ городской территории, возникла в конце 2023 г., когда один из контрагентов мэрии г. Новосибирска обратился в университет с просьбой разработать методику оценки стоимости земель, выделяемых городом под строительство новых жилых объектов. При погружении в тему стало понятно, что на поставленную задачу необходимо смотреть шире, а именно – учитывать текущее и перспективное состояние качества городской среды.

К настоящему времени вопросам качества городской среды и выбора оцениваемых показателей посвящено довольно много работ ученых, что говорит об актуальности данной темы. В большинстве случаев этот интерес вызван превращением городов в конкурирующие территориальные центры, где формируется основная доля национального ВВП и создаются наибольшие объемы добавленной стоимости. В связи с этим территориальное закрепление населения, снижение оттока квалифицированных кадров, удовлетворение ожиданий, обеспечение интересов и требований существующего и будущих поколений горожан к качеству городской среды стано-

вятся основной целью муниципального и государственного управления.

Современное научное представление о городской среде основывается на ее восприятии как сложной территориальной системы, где каждый компонент тесно связан с другими [1]. В такой системе среди факторов, определяющих эффективность муниципального пространственного развития и управления, важную роль всегда будут играть качество, доступность и полнота информационного обеспечения.

Результаты ранее проведенных исследований [2–8] свидетельствуют о том, что традиционные механизмы управления городами на основе статистической информации постепенно вытесняются геоинформационными технологиями адресного (сценарного) анализа пространственных и связанных с ними данных в режиме реального времени, что не только позволяет повысить качество и скорость принятия решений, но и способствует появлению городов, управляемых данными [9].

Вместе с тем даже беглый обзор научно-технических публикаций, посвященных этой проблеме, демонстрирует широкий спектр подходов к выбору показателей для расчета значений интегрального индекса качества городской среды: доступность образования, медицины, рекреационных пространств, наличие развитой дорожно-транспортной сети [5]; застроенность территории, пространственная неоднородность, уровень шума, возраст жилого фонда, уровень безработицы [6]; экологические, метеорологические и социально-экономические факторы, доступность чистой воды, уровень озеленения [4, 10]; плотность медицинских учреждений и производственных компаний, доступность энергоресурсов, протяженность и загруженность дорожно-транспортной сети, количество квадратных метров жилого фонда на душу населения [7] и др. Такое разнообразие подходов может говорить как о заинтересованности муниципальных властей в осуществлении адресного пространственного анализа городской среды, так и об отсутствии общепринятой методики оценки качества городской среды, что может стать отдельной темой исследования.

Следуя общемировым трендам, в 2017 г. Минстроем России была разработана единая методика определения индекса качества городской среды муниципальных образований Российской Федерации. С началом ее использования в профессиональной среде и органах власти неоднократно поднимались вопросы о недостатках разработанного инструментария и необходимости его совершенствования путем включения в методику параметров, характеризующих доступность и благоустроенность городской среды [11], что было учтено в обновленной редакции (2019) (О внесении изменений в распоряжение Правительства РФ от 23.03.2019 № 510-р : распоряжение Правительства РФ от 23.03.2019 № 510-р. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Текст : электронный).

При разработке инструмента пространственного анализа городской территории, на основе указанной выше методики, в ней были выявлены два существенных недостатка.

1. Ввиду пространственной, природно-климатической, социальной и инфраструктурной неоднородности российских муниципальных образований применение к ним единой, хоть и дифференцированной по размеру городов, методики определения индекса качества городской среды (ИКГС) представляется сомнительным [2].

2. В связи с тем, что интегральный ИКГС показывает лишь место города в рейтинге городов, его значение никак не ориентировано на решение текущих проблем и удовлетворение требований горожан и бизнеса к городской среде.

В ходе исследования была предпринята попытка разработать гибкий инструмент пространственного анализа, позволяющий не только влиять на градостроительные планы и решения на основе данных, но и учитывать интересы городских жителей, стремящихся проживать в той части города, где сконцентрирован максимум удобств, являющихся для них признаком качества жизни [11].

Целью настоящей работы является демонстрация возможностей геоинформационных технологий в создании эффективного инструмента пространственного анализа городской территории, позволяющего определять

наиболее благоприятные места для проживания горожан по заданному набору критериев, выявлять проблемы и приоритеты развития городской территории, а также оценивать динамику изменений качества городской среды.

Материалы и методы

Объектом исследования стала территория и объекты социальной инфраструктуры г. Новосибирска.

В ходе выполнения работ были изучены материалы ряда научных публикаций, посвященных вопросам оценки качества городской среды [1–13]. Методической базой разрабатываемого инструмента пространственного анализа служат действующие градостроительные документы, на основе которых был сформирован набор показателей для расчета индекса качества городской среды (СП 42.13330.2016. СНиП 2.07.01-89* Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений : приказ Минстроя России от 30.12.2016 № 1034/пр. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Текст : электронный; СП 118.13330.2022. СНиП 31-06-2009 Общественные здания и сооружения : приказ Минстроя России от 25.10.2023 № 772/пр. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Текст : электронный; О Местных нормативах градостроительного проектирования города Новосибирска : Решение Совета депутатов г. Новосибирска от 02.12.2015 № 96. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Текст : электронный; СП 2.4.3648-20. Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи : постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.09.2020 № 28. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Текст : электронный; СП 475.1325800.2020. Парки. Правила градостроительного проектирования и благоустройства : приказ Минстроя России от 22.01.2020 № 26/пр. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Текст : электронный; СП 34.13330.2021. СНиП 2.05.02-85* Автомобильные дороги : приказ Минстроя России от 09.02.2021 № 53/пр. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Текст : электронный; Методика формирования индекса качества город-

ской среды : распоряжение Правительства РФ от 05.11.2019 № 2625-р. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Текст : электронный).

Картографической основой исследования стали цифровая топографическая карта открытого пользования (ЦТК ОП) масштаба 1 : 100 000 и Генеральный план Новосибирска, которые использовались для создания тематических слоев базы пространственных данных (БПД) в ГИС «Панорама». Обновление тематических слоев БПД выполнено с помощью таких инструментов геоаналитики, как 2GIS, Яндекс Карты, OpenStreetMap и публичная кадастровая карта Новосибирской области.

Основываясь на требованиях действующих градостроительных документов, были определены оптимальные размеры геофрагментов, подвергаемых пространственному анализу, после чего территория г. Новосибирска была разделена на 87 905 геофрагментов – регулярных прямоугольных ячеек 100 × 100 м.

По данным БПД рассчитывались матрицы качества и удаленности для всех геофрагментов исследуемой территории, значения которых сохранялись в специальной базе данных (СБД). Каждая ячейка СБД содержала метрические и количественные характеристики, описывающие длины и приведенные величины попавших в геофрагмент топографических и иных объектов (матрицы качества), а также удаленность центра геофрагмента (матрицы удаленности) от объектов, расположенных за его границами (прил. 1). Специальная база данных использовалась для расчета значений сценарных индексов качества городской среды.

На основе модифицированного набора показателей методики расчета ИКГС, СанПиН и действующих градостроительных документов были сформулированы качественные и количественные правила (экспертная база знаний), связавшие объекты социальной инфраструктуры Новосибирска с пространственными факторами (прил. 2). Программное обеспечение с функционалом конструктора сценарных планов, обработки

данных и визуализации полученных результатов было создано на языке Python и использовалось как внешний программный модуль расширения среды QGIS [12].

Для пользователя программного обеспечения сценарный план представляет собой последовательность буквенно-числовых символов, обозначающих тот или иной критерий качества городской среды – элементарный сценарий (ЭС) (прил. 3).

ИКГС рассчитывался согласно условиям сценарного плана и оценкам экспертной базы знаний [13]:

$$SQI^{x,y} = \text{math.ceil} \left(\frac{1}{\sum_{l=1}^n w_l} \cdot \sum_{l=1}^n (QI_l^{x,y} \cdot w_l) \right), \quad (1)$$

где $SQI^{x,y}$ – сценарный ИКГС в геофрагменте с координатами $\{x, y\}$, $SQI^{x,y} \in N_0 = \{0, 1, 2, 3, 4, 5\}$ (0 – геофрагмент не соответствует сценарному плану, 5 – геофрагмент полностью удовлетворяет условиям сценарного плана); n – количество тематических слоев СБД, взятых для совместной обработки; $QI_l^{x,y}$ – ИКГС в геофрагменте с координатами $\{x, y\}$ тематического слоя l , $QI_l^{x,y} \in [0, 5]$; $\text{math.ceil}()$ – функция округления полученного результата до ближайшего целого числа; w_l – весовой коэффициент тематического слоя l , $w_l \in [0, 1]$.

ИКГС в геофрагменте с координатами $\{x, y\}$ тематического слоя l в (1) вычислялся по формуле

$$QI_l^{x,y} = R_l,$$

где R_l – значение, полученное в соответствии с правилами экспертной базы знаний, сформулированными для тематического слоя l , $R_l \in N_0 = \{0, 1, 2, 3, 4, 5\}$.

В сценарных планах с обратным порядком расчета ИКГС (выявление дефицитов городской среды) он вычислялся как

$$(QI_l^{x,y})^{un} = 5 - QI_l^{x,y}.$$

Для оценки динамики изменения сценарного ИКГС, произошедшей в ходе реализации мероприятий генерального плана, применялась следующая формула:

$$dSQI^{x,y} = SQI_{\text{нов}}^{x,y} - SQI^{x,y},$$

где $dSQI^{x,y}$ – значение, описывающее динамику изменения сценарного индекса качества городской среды в геофрагменте с координатами $\{x, y\}$, $dSQI^{x,y} \in R = \{-5, -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5\}$; $SQI^{x,y}$ – текущее значение сценарного ИКГС в геофрагменте с координатами $\{x, y\}$; $SQI_{\text{нов}}^{x,y}$ – значение сценарного ИКГС в геофрагменте с координатами $\{x, y\}$, полученное по данным генерального плана; $SQI^{x,y}$ и $SQI_{\text{нов}}^{x,y} \in N_0 = [0, 5]$.

Результаты

В ходе исследования установлено, что совместное использование геоинформационных технологий, базы данных и экспертной базы знаний позволяет создать гибкий и многофункциональный программный инструмент для осуществления сценарного пространственного анализа городской территории с заданной дискретизацией геофрагмента.

На территорию г. Новосибирска созданы: актуальная база пространственных данных, специальная база данных и экспертная база знаний.

С помощью разработанного программного обеспечения – внешнего модуля расширения среды QGIS, СБД и экспертной базы знаний – моделировались сценарные планы, учитывающие интересы муниципальных властей (выявление проблем городской среды и приоритетов ее развития) и различных категорий городских жителей и бизнеса (определение наилучшего места для проживания / создания и развития бизнеса), на основе которых рассчитывались и визуализировались значения ИКГС для каждого отдельного геофрагмента городской территории (рис. 1).

Также посредством разработанного программного обеспечения была оценена динамика изменения значений сценарного ИКГС, вызванная добавлением в сценарий нового компонента городской среды или реализацией мероприятий генерального плана как для территории всего города, так и для отдельного административного района (рис. 2, 3).

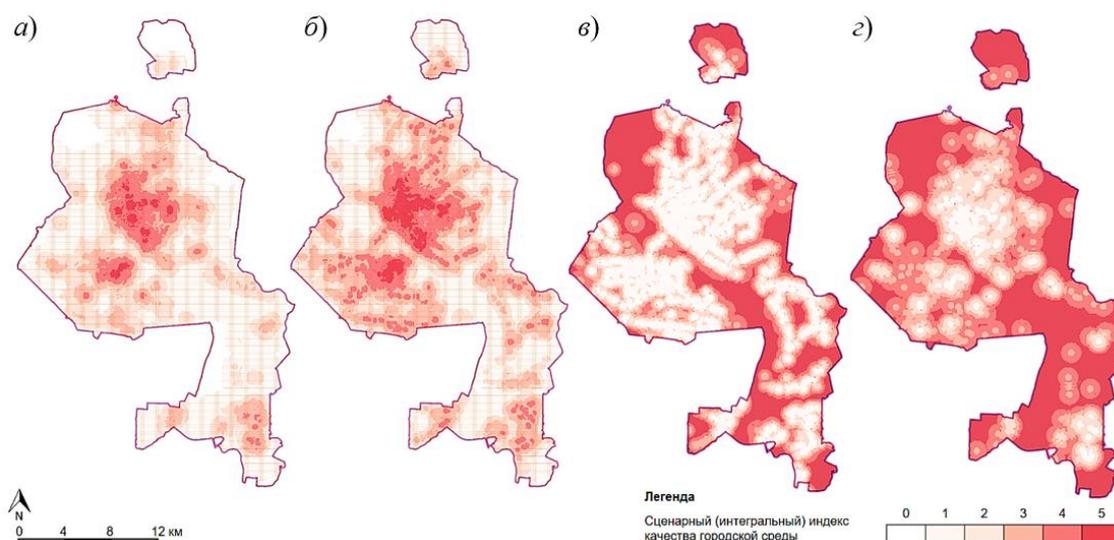


Рис. 1. Визуализация рассчитанных значений сценарных ИКГС¹:

- а) У.7 + У.11 + У.13 + У.14 + У.18;
 б) У.6 + У.7 + У.14 + У.17 + У.18;
 в) (У.6)^{ин} + (У.16)^{ин}; з) (У.13)^{ин} + (У.14)^{ин}

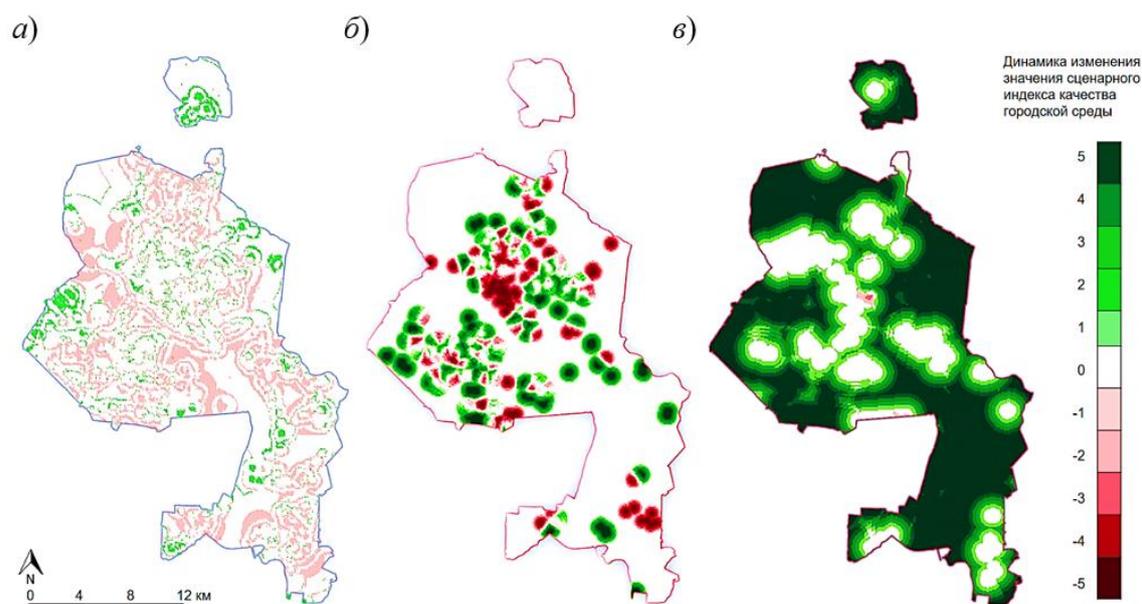


Рис. 2. Визуализация значений динамики изменения сценарного ИКГС:

- а) изменение ИКГС между сценарными планами У.6 + У.7 + У.14 + У.17 + У.18 и У.6 + У.7 + У.14 + У.17; б) изменение ИКГС по показателю «Места стоянок для хранения автотранспорта» между текущим и предусмотренным генеральным планом состояниями; в) оценка степени влияния мероприятий генерального плана на изменение ИКГС по показателю «Озеленение»

¹ Геофрагменты с минимальной удаленностью: а) от станций метро, банков, ресторанов и стоянок для хранения автотранспорта; б) остановок маршрутного наземного транспорта, станций метро, кафе, стоянок для хранения автотранспорта, спортивных и тренажерных залов. Геофрагменты с максимальной удаленностью: в) от магазинов и остановок маршрутного наземного транспорта, парков и скверов; з) ресторанов и кафе.

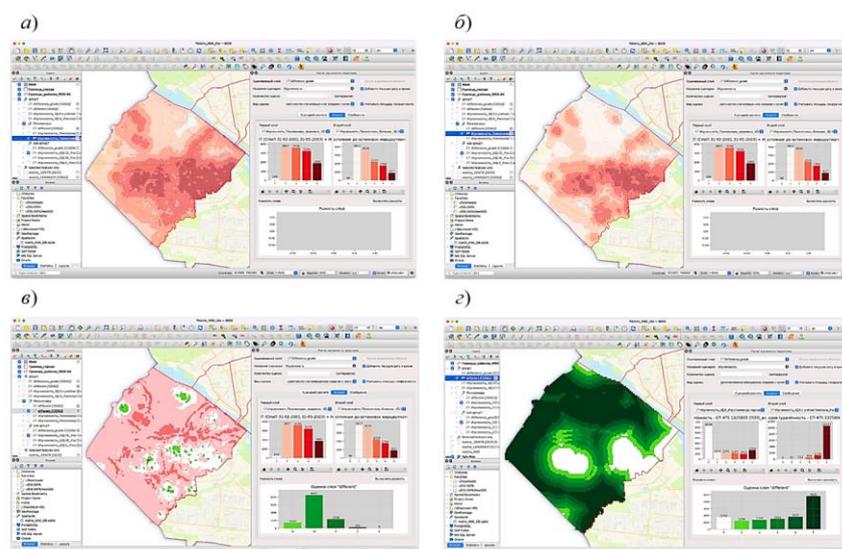


Рис. 3. Обработка и визуализация значений динамики изменения сценарного ИКГС для Ленинского района г. Новосибирска во внешнем модуле расширения среды QGIS:

а) сценарный план У.6 + У.7 + У.14 + У.17 + У.18; б) сценарный план У.6 + У.7 + У.14 + У.17; в) оценка динамики изменения значений ИКГС между сценариями а) и б); г) оценка динамики изменения ИКГС по показателю «Озеленение» в соответствии с реализацией мероприятий генерального плана

Анализ значений ИКГС, рассчитанных согласно сценарным планам муниципальных властей, позволил выявить «болевые точки» и перспективные места целевого развития городской территории, представленные в таблице.

Оценка городских площадей, удовлетворяющих условиям сценарного плана по шкале 0–5

Группы населения / сценарные планы	Оценка пригодной площади города, км ²			
	0–2	3	4	5
Семьи с детьми дошкольного и школьного возраста				
У.1 + У.2 + У.5 + У.16	401,63	65,96	35,11	9,77
Пожилые люди, заботящиеся о внуках школьного возраста				
У.5 + У.6 + У.15 + У.16 + Н.1	237,10	140,07	125,53	58,30
Пожилые люди, имеющие проблемы со здоровьем				
У.3 + У.4 + У.5 + У.6 + У.16	349,68	88,92	64,10	28,86
Семьи с детьми дошкольного возраста				
У.2 + У.5 + У.17 + У.18	286,96	147,72	68,02	10,40
Семьи с детьми школьного возраста				
У.1 + У.5 + У.17 + У.18	283,17	139,74	79,79	19,41
Активное трудоспособное население без детей				
У.7 + У.11 + У.13 + У.14 + У.18	391,93	76,52	34,25	7,86
Бизнесмены				
У.7 + У.11 + У.13 + У.14 + У.17 + У.18	346,38	110,81	45,51	8,18
Студенческая молодежь				
У.6 + У.7 + У.14	347,76	123,50	31,44	17,72
Активная молодежь, занимающаяся спортом				
У.6 + У.7 + У.14 + У.17 + У.18	273,66	144,56	84,48	17,63
У.6 + У.7 + У.14 + У.17	290,74	146,27	65,69	18,17

Примечание: зеленый цвет – хорошее качество городской среды; красный цвет – «болевые точки», места целевого развития

Заключение

Впервые для г. Новосибирска был проведен расчет ИГКС с применением программного инструмента сценарного пространственного анализа. Разработанное программное обеспечение основано на использовании геоинформационных технологий, базы пространственных данных и экспертной базы знаний (разработана и адаптирована в соответствии с модифицированной методикой формирования индекса качества городской среды и действующими градостроительными документами).

Результаты исследования подтвердили гипотезу о том, что объектами сценарного пространственного анализа могут выступать отдельные элементарные участки города – геофрагменты, полученные путем разбиения городской территории на равные ячейки с помощью регулярной сетки заданного размера.

На примере расчета сценарных ИГКС для различных групп населения показано, что разработанный программный продукт пространственного анализа позволяет: осуществлять сценарную оценку качества городской среды в каждом конкретном геофрагменте на основе целевых запросов; автоматизировать процессы моделирования сценарных планов для выполнения пространственного анализа изучаемой территории; фиксировать и оценивать динамику изменений значений сценарного индекса качества городской среды, по-

лученную в результате добавления в сценарий нового компонента городской среды или в ходе реализации мероприятий генерального плана; повысить наглядность полученных результатов путем их визуализации.

Результаты исследования продемонстрировали возможность картографической визуализации различных характеристик, описывающих качество городской среды на площади заданного размера, что позволило выявить наиболее благоприятные места для проживания целевых групп городских жителей (или определенного горожанина), ареалов для размещения бизнеса, а также значительно облегчило разработку планов градостроительной деятельности, реализуемой муниципалитетами.

В будущем предмет исследования планируется расширить путем (i) оптимизации алгоритмов и программного кода в целях повышения скорости обработки данных и (ii) учета негативных факторов, влияющих на качество городской среды (выбросы в атмосферу, заражение почвы и др.), что позволит создать ряд аналитических и прогностических картографических материалов, предназначенных для органов местного самоуправления, широких слоев городского населения, бизнеса, муниципальных и федеральных учреждений.

Статья подготовлена в рамках выполнения гранта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 075-15-2020-804 (внутренний номер 13.1902.21.0016).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карпик А. П., Мусихин И. А., Ветошкин Д. Н. Интеллектуальные информационные модели территорий как эффективный инструмент пространственного и экономического развития // Вестник СГУГиТ. – 2021. – Т. 26, № 2. – С. 155–163. – DOI 10.33764/2411-1759-2021-26-2-155-163.
2. Липилин Д. А., Евтушенко Д. Д. Оценка качества городской среды с применением геоинформационных систем на примере Московского микрорайона города Краснодара // Региональные геосистемы. – 2022. – № 46 (2). – С. 223–240. – DOI 10.52575/2712-7443-2022-46-2-223-240.
3. Hansson S., Arfvidsson, H., and Simon, D. (2019). Governance for sustainable urban development: the double function of SDG indicators // Area Development and Policy. – № 4 (3). – P. 217–235. – DOI 10.1080/23792949.2019.1585192.
4. Hsu A., T. Chakraborty, R. Thomas, D. Manya, A. Weinfurter, N.J.W. Chin, N. Goyal, and A. Feierman. Measuring What Matters, Where It Matters: A Spatially Explicit Urban Environment and Social Inclusion Index for the Sustainable Development Goals // Frontiers in Sustainable Cities. – 2020. – № 2: 62. – DOI 10.3389/frsc.2020.556484.
5. Podoprigora, Y., Danilova, M., and Ufimtseva, E. Quality of Urban Environment as a Factor of Development of Municipal Formations. // Proceedings of the International Science and

Technology Conference "FarEastCon" (ISCFEC 2019), – 2019. – pp. 242–245. – DOI 10.2991/is-cfec-19.2019.67.

6. Roy, S., Bose, A., Majumder, S., Roy Chowdhury, I., Abdo, H. G., Almohamad, H., and Abdullah Al Dughairi, A. Evaluating urban environment quality (UEQ) for Class-I Indian city: an integrated RS-GIS based exploratory spatial analysis // Geocarto International. – 2022. – № 38 (1). – DOI 10.1080/10106049.2022.2153932.

7. UN-HABITAT City Prosperity Index. A Comparison of 29 World Cities. (2022). Methodology and Results of a Comparative Analysis of Cities [Electronic resource]. – URL: https://windowstorussia.com/wp-content/uploads/2022/02/Global_Cities_Ranking_Draft_REPORT_Feb_2022.pdf (access data 08.07.2024).

8. Wolniak, R., & Jonek-Kowalska, I. The level of the quality of life in the city and its monitoring. Innovation: The European Journal of Social Science Research. – 2020. – № 34 (3) – Pp. 376–398. – DOI 10.1080/13511610.2020.1828049.

9. Энгельгардт А. Э., Липовка А. Ю., Федченко И. Г. Международный опыт индексирования качества городской среды // Урбанистика. – 2018. – № 4. – С. 77–87. – DOI 10.7256/2310-8673.2018.4.27886.

10. Krishnan V. S., Firoz C. M. Regional urban environmental quality assessment and spatial analysis. Journal of Urban Management. – 2020. – № 9 (2). – Pp. 191–204. – DOI 10.1016/j.jum.2020.03.001.

11. Черных В. В., Иваненко В. А. Анализ и направления совершенствования методики формирования индекса качества городской среды // Экономический вектор. – 2021. – № 2 (25). – С. 128–137. – DOI 10.36807/2411-7269-2021-2-25-128-137.

12. Тараненко С. В., Мусихин И. А. EQA-SA.1 – инструмент пространственного анализа для расчета сценарного индекса качества городской среды и динамики его изменения за счет реализации мероприятий генерального плана и модификации сценария.: свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2024684834 от 22.10.2024 в реестре программ для ЭВМ.

13. Мусихин И. А., Опритова О. А., Тараненко С. В. Технология сценарного анализа территории: планирование экономического развития региона (на примере Новосибирской области) // Геодезия и картография. – 2023. – № 11. – С. 18–30. – DOI 10.22389/0016-7126-2023-1001-11-18-30.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Тематические слои СБД (элементарные сценарии экспертной базы знаний)

1. Интенсивное использование городской инфраструктуры ввиду чрезмерной плотности населения (Н.8).
2. Плотность аптек на 0,01 км² (К.3).
3. Плотность банков на 0,01 км² (К.9).
4. Плотность банкоматов на 0,01 км² (К.10).
5. Плотность бассейнов на 0,01 км² (К.17).
6. Плотность бытовых мастерских на 0,01 км² (К.14).
7. Плотность детских садов на 0,01 км² (К.2).
8. Плотность кафе на 0,01 км² (К.13).
9. Плотность магазинов хозяйственных и промышленных товаров на 0,01 км² (К.15).
10. Плотность населения на 0,01 км² (К.19).
11. Плотность объектов торговли и услуг на 0,01 км² (К.18).
12. Плотность остановок маршрутного наземного транспорта, м (К.6).
13. Плотность парков и скверов на 0,01 км² (К.5).
14. Плотность поликлиник на 0,01 км² (К.4).

15. Плотность почтовых отделений на 0,01 км² (К.11).
16. Плотность ресторанов на 0,01 км² (К.12).
17. Плотность спортивных и тренажерных залов на 0,01 км² (К.16).
18. Плотность станций метро на 0,01 км² (К.7).
19. Плотность стоянок для хранения автотранспорта на 0,01 км² (К.8).
20. Плотность школ на 0,01 км² (К.1).
21. Удаленность от аптек, м (У.3).
22. Удаленность от банков, м (У.11).
23. Удаленность от банкоматов, м (У.22).
24. Удаленность от бассейнов, м (У.18).
25. Удаленность от бытовых мастерских, м (У.15).
26. Удаленность от водных акваторий (загрязнение отходами), м (Н.5).
- 26^а. Удаленность от водных акваторий, м (У.21).
27. Удаленность от детских садов, м (У.2).
- 27^а. Удаленность от детских садов, м (Н.7).
28. Удаленность от железнодорожных путей (шум), м (Н.4).
- 28^а. Удаленность от железнодорожных путей, м (У.20).
29. Удаленность от жилого здания до проезжей дороги (загрязнение атмосферы), м (Н.3).
- 29^а. Удаленность от жилого здания до проезжей дороги (шум), м (Н.2).
- 29^б. Удаленность от жилого здания до проезжей дороги, м (У.9).
30. Удаленность от кафе, м (У.14).
31. Удаленность от магазинов хозяйственных и промышленных товаров, м (У.16).
32. Удаленность от опорных пунктов охраны порядка, м (У.10).
33. Удаленность от остановок маршрутного наземного транспорта, м (У.6).
34. Удаленность от парков и скверов, м (У.5).
35. Удаленность от поликлиник, м (У.4).
36. Удаленность от почтовых отделений, м (У.12).
37. Удаленность от ресторанов, м (У.13).
38. Удаленность от спортивных и тренажерных залов, м (У.17).
39. Удаленность от станций метро, м (У.7).
40. Удаленность от стоянок для хранения автотранспорта, м (У.8).
41. Удаленность от широкополосных дорог с твердым покрытием (шум), м (Н.1).
- 41^а. Удаленность от широкополосных дорог с твердым покрытием, м (У.19).
42. Удаленность от школ, м (У.1).
- 42^а. Удаленность от школ (шум), м (Н.6).

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Фрагмент экспертной базы знаний – ЭС для расчета сценарного ИКГС в геофрагменте

ЭС	Качественное правило	Количественные правила	ИКГС
У.5	Расстояние до парков и скверов, м СП 475.1325800.2020	Парк / сквер находится на расстоянии менее 596	5
		Парк / сквер находится на расстоянии от 597 до 893	4
		Парк / сквер находится на расстоянии от 894 до 1 190	3
		Парк / сквер находится на расстоянии от 1 191 до 1 487	2
		Парк / сквер находится на расстоянии от 1 488 до 1 785	1
		Парк / сквер находится на расстоянии более 1 785	0
У.6		ОНМТ находится на расстоянии менее 267	5

ЭС	Качественное правило	Количественные правила	ИКГС
	Расстояние до остановок маршрутного наземного транспорта / ОНМТ, м СП 34.13330.2021, 42.13330.2016	ОНМТ находится на расстоянии от 268 до 400	4
		ОНМТ находится на расстоянии от 401 до 533	3
		ОНМТ находится на расстоянии от 534 до 666	2
		ОНМТ находится на расстоянии от 667 до 800	1
		ОНМТ находится на расстоянии более 800	0
Н.2	Расстояние от жилого здания до проезжей дороги (шум), м СП 42.13330.2016, СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03	Строение находится от дороги на расстоянии более 68	5
		Строение находится от дороги на расстоянии от 58 до 68	4
		Строение находится от дороги на расстоянии от 47 до 57	3
		Строение находится от дороги на расстоянии от 36 до 46	2
		Строение находится от дороги на расстоянии от 25 до 35	1
		Жилое строение находится от дороги на расстоянии менее 25	0
К.19	Плотность жителей в геофрагменте, чел. / 0,01 км ²	Количество жителей в геофрагменте = 0	0
		Количество жителей в геофрагменте < 21 но >= 1	1
		Количество жителей в геофрагменте < 41 но >= 21	2
		Количество жителей в геофрагменте < 62 но >= 41	3
		Количество жителей в геофрагменте < 82 но >= 62	4
		Количество жителей в геофрагменте >= 82	5

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Пример сценарных планов

Сценарный план	Категория интересантов
У.1 + У.2 + У.5 + У.16 + Н.3	Семьи с детьми дошкольного и школьного возраста
У.1 + У.2 + У.5 + У.16	
У.3 + У.4 + У.5 + У.6 + У.16	Пожилые люди, имеющие проблемы со здоровьем
У.7 + У.8 + У.11 + У.13 + У.14 + У.18	Активное трудоспособное население без детей
У.7 + У.8 + У.11 + У.13 + У.14 + У.17 + У.18	Бизнесмены
У.6 + У.7 + У.14	Студенческая молодежь
У.6 + У.7 + У.14 + У.17 + У.18	Активная молодежь, занимающаяся спортом
(У.5) ^{ин} + (У.15) ^{ин} / (У.13) ^{ин} + (У.14) ^{ин}	Муниципальные власти

Об авторе

Мусихин Игорь Александрович – кандидат педагогических наук, проректор по научной и международной деятельности.

Получено 04.10.2024

© И. А. Мусихин, 2024

Development of a spatial analysis tool for calculating scenario based urban environment quality index and assessment the dynamics of its change

I. A. Musikhin¹✉

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

e-mail: i.a.musikhin_vr@ssga.ru

Abstract. Using best experience, techniques and regulatory framework in urban planning, a spatial analysis tool for scenario urban environment quality assessment and its dynamics change caused by the implementation of the urban master plan or scenario modification was developed and then applied to the City of Novosibirsk. The possibilities of geoinformatics and geo-information technologies in the development of an efficient multipurpose spatial analysis tool for municipal and federal needs, as well as businesses and city dwellers are shown. Sources of initial data, a set of urban environment quality indicators, an expert knowledge base, methodology for the formation of scenario patterns, and mathematical apparatus are described. The scenario values of urban environment quality indices for municipal authorities and groups of urban residents were calculated and visualized as map schemes, which allowed identifying various "soft spots" of the urban environment state.

Keywords: knowledge base, unit area, GIS, urban environment quality index, assessment, dynamics, spatial analysis, software, scenario pattern

REFERENCES

1. Karpik, A. P., Musikhin, I. A., & Vetoshkin, D. N. (2021). Smart information models as an effective tool of regional spatial and economic development. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*. Vol. 26, No. 2, pp. 155–163. DOI 10.33764/2411-1759-2021-26-2-155-163 [in Russian].
2. Lipilin, D. A., & Evtushenko, D. D. (2022). Assessment of the Quality of the Urban Environment Using Geographic Information Systems on the Example of the Moscow District of Krasnodar. *Regional'nyye geosistemy [Regional Geosystems]*, 46(2), pp. 223-240. DOI 10.52575/2712-7443-2022-46-2-223-240 [in Russian].
3. Hansson, S., Arfvidsson, H., & Simon, D. (2019). Governance for sustainable urban development: the double function of SDG indicators. *Area Development and Policy*, 4(3), p. 217–235. DOI 10.1080/23792949.2019.1585192.
4. Hsu A., T. Chakraborty, R. Thomas, D. Manya, A. Weinfurter, N.J.W. Chin, N. Goyal, & A. Feerman. (2020). Measuring What Matters, Where It Matters: A Spatially Explicit Urban Environment and Social Inclusion Index for the Sustainable Development Goals. *Frontiers in Sustainable Cities* 2: 62. DOI 10.3389/frsc.2020.556484.
5. Podoprigora, Y., Danilova, M., & Ufimtseva, E. (2019). Quality of Urban Environment as a Factor of Development of Municipal Formations. *Proceedings of the International Science and Technology Conference "FarEastCon" (ISCFEC 2019)*, p. 242–245. DOI 10.2991/iscfec-19.2019.67.
6. Roy, S., Bose, A., Majumder, S., Roy Chowdhury, I., Abdo, H. G., Almohamad, H. & Abdullah Al Dughairi, A. (2022). Evaluating urban environment quality (UEQ) for Class-I Indian city: an integrated RS-GIS based exploratory spatial analysis. *Geocarto International*, 38(1). DOI 10.1080/10106049.2022.2153932.
7. UN-HABITAT City Prosperity Index. A Comparison of 29 World Cities. (2022). Methodology and Results of a Comparative Analysis of Cities. Retrieved from https://windowstorussia.com/wp-content/uploads/2022/02/Global_Cities_Ranking_Draft_REPORT_Feb_2022.pdf (access date 07.08.2024).
8. Wolniak, R. & Jonek-Kowalska, I. (2020). The level of the quality of life in the city and its monitoring. *Innovation: The European Journal of Social Science Research*, 34(3), p. 376–398. DOI 10.1080/13511610.2020.1828049.

9. Engelhardt, A. E., Lipovka, A. Yu., & Fedchenko, I. G. (2018). International experience of indexing the quality of the urban environment *Urbanistika [Urbanism]*. No. 4. pp. 77–87. DOI 10.7256/2310-8673.2018.4.27886 [in Russian].

10. Krishnan, V. S., & Firoz, C. M. (2020). Regional urban environmental quality assessment and spatial analysis. *Journal of Urban Management*, 9(2), pp. 191–204. DOI 10.1016/j.jum.2020.03.001.

11. Chernykh V. V. & Ivanenko V. A. (2021). Analysis and directions for improving the methodology for the calculation of the urban environment quality index. *Ekonomicheskiy vektor [Economic vector]*. No. 2 (25), pp. 128–137. DOI 10.36807/2411-7269-2021-2-25-128-137 [in Russian].

12. Taranenko S. V., & Mysihin I. A. (2023). "EQA-SA.1 – a spatial analysis tool for calculating the scenario index of the quality of the urban environment and the dynamics of its change due to the implementation of master plan activities and modification of the scenario". Certificate of state registration of computer programs No. 2024684834 of October 22, 2024 in the register of computer programs [in Russian].

13. Musikhin I. A., Opritova O. A., & Taranenko S. V. (2023). Technology of scenario-based spatial analysis: planning regional economic development (on the example of Novosibirsk region). *Geodeziya i Kartografiya [Geodesy and Cartography]*. No. 11, pp. 18–30. DOI 10.22389/0016-7126-2023-1001-11-18-30 [in Russian].

Author details

Igor A. Musikhin – Ph. D., Vice-rector for International and Innovation Activities.

Received 04.10.2024

© I. A. Musikhin, 2024