

ЦИФРОВАЯ УРБАНИСТИКА

УДК 711.4:004.94

Научная статья

Александр Юрьевич Зуев✉

аспирант каф. цифровых технологий в урбанистике, архитектуре и строительстве, начальник отдела территориального планирования, ООО «ГеоКлевер». Россия, 400002, Волгоград, ул. им. Сухова, 17;
e-mail: Zuev34W@yandex.ru

Наталья Петровна Садовникова

д-р техн. наук, профессор каф. цифровых технологий в урбанистике, архитектуре и строительстве, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Россия, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1;
e-mail: n_sadovnikova@vstu.ru; ORCID: 0000-0002-7214-9432

Данила Сергеевич Парыгин

канд. техн. наук, доцент, зав. каф. цифровых технологий в урбанистике, архитектуре и строительстве, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Россия, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1;
e-mail: dparugin@gmail.com; ORCID: 0000-0001-8834-5748

Ольга Олеговна Голубева

магистрант каф. цифровых технологий в урбанистике, архитектуре и строительстве, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Россия, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1;
e-mail: olga.golubeva.02@mail.ru; ORCID: 0009-0000-1707-2762

Александр Сергеевич Гуртяков

старший научный сотрудник каф. цифровых технологий в урбанистике, архитектуре и строительстве, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Россия, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1;
e-mail: agurtyakov@gmail.com; ORCID: 0000-0002-8013-5778

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОРФОТИПОВ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ QGIS ПО МЕТОДИКЕ SPACE MATRIX¹

¹ Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда и администрации Волгоградской области № 22-11-20024. URL: <https://rscf.ru/project/22-11-20024/>

Статья описывает разработанный алгоритм расчета параметров, необходимых для классификации застройки на морфотипы в соответствии с методикой Space Matrix, представленной в работе Space, Density and Urban Form, для классификации городской застройки и последующего изучения ее функциональных возможностей с решением задач в различные эволюционные периоды развития отдельных урбанизированных территорий. Использование QGIS позволит применять указанный алгоритм для широкого круга лиц и оптимизировать временные затраты на расчет различных характеристик.

Ключевые слова: городская морфология, городская форма, ГИС, Space Matrix.

Для цитирования: Зуев А. Ю., Садовникова Н. П., Парыгин Д. С., Голубева О. О., Гуртяков А. С. Определение морфотипов городской застройки с помощью программного обеспечения QGIS по методике Space Matrix // Социология города. 2024. № 3. С. 91—101. DOI: 10.35211/19943520_2024_3_91

Введение

Изучение городской плотности и оценка качества пространства в работе «Space, Density and Urban Form» были вызваны двумя процессами: изменения в организации городского строительства, которые привели к большей необходимости соотносить программы развития с пространственными качествами, и тенденция увеличения потребления пространства и экологические, экономические и социальные последствия этого (Berghauser Pont, Haupt, 2010). Упомянутые процессы начались в Нидерландах в 70-х годах прошлого века повлияли на необходимость исследования связи между качеством и вместимостью пространства.

Это стало ответом на поиск оптимальной плотности застройки, так как слишком плотная застройка, преобладающая в городах начала XX в., приносила множество негативных эффектов, которые вылились в том числе в манифест Рэймонда Ундвина, который звучал как «ничего не может быть достигнуто от перенаселенности» (Unwin, 1911).

В процессе развития городов новая застройка оказалась слишком высокоплотной для формирования компактного города, в частности американская низкоплотная застройка была названа одной из причин формирования пустых трущоб (Jacobs, 1961).

В настоящий момент высокая плотность ассоциируется с понятием устойчивого развития и экономического роста в ответ на эффекты как сверхплотной застройки, характерной для начала XX в. в европейских городах, так и сверхнизкой, характерной для пригородных районов индивидуальной жилой застройки (Hall, 1999; Florida, 2002; Jenks, Burton, Williams, 1996; Lozano, 2012; Newman, Kenworthy, 1999; Urhahn, Bobic, 1996; Van Kann, Leduc, 2008).

Для изучения процессов и разработки новых стратегий развития городов Нидерландов разработана методика Space Matrix, которая стала использоваться для описания существующей застройки, а также для создания рамочных параметров будущей застройки, как в Нидерландах, так и в других странах мира, в том числе и в России, для разработки новых редакций СП градостроительства и стандарта комплексного развития территорий.

В связи с этим разработана алгоритма, позволяющего автоматизировать процесс расчета параметров, используемых в Space Matrix для определения морфотипов застройки, является логичным шагом для ускорения расчетов с целью оценки урбанизированных территорий через призму упомянутой методологии.

Использование морфотипов застройки для анализа городской среды

Впервые понятие «морфотип застройки» в отечественном градостроительстве появляется в 1980-х годах в работах А. Э. Гутнова и В. Л. Глазычева, где используется в значении эволюционно сложившейся разновидности планировочно-пространственной организации городской застройки (Пасхина, 2012).

Для классификации морфотипов застройки используются как количественные измеряемые показатели, такие как средняя и максимальная этажность, различные показатели плотности застройки, так и показатели возраста соответствующей застройки.

Морфотипы застройки используют для оценки влияния городской среды на различные качественные параметры. М. В. Пасхина использует классификацию на морфотипы для определения геоэкологических параметров и оценки степени нагрузки на окружающую среду различных морфотипов.

Универсального классификатора на морфотипы для любой точки мира не существует, и его появление вряд ли возможно. Применительно к территории России выделяются разные, в чем-то похожие варианты деления застройки на различные морфотипы. Е. Ю. Колбовский выделяет 10 морфотипов городской застройки только в центральной части России (Колбовский, 2006).

В настоящий момент в России введены в действия 5 новых СП «Градостроительство», посвященных моделям городской среды, которые фактически являются укрупненными вариантами наиболее общих морфотипов, выделенных в Стандарте комплексного развития территорий, разработанном ДОМ.РФ. При анализе городской среды, определении параметров ее составляющих использовалась методология Space Matrix, разработанная в техническом университете Делфта (Лаевский, 2008).

Указанная методология используется во множестве научных работ, что говорит о ее актуальности как основы для исследования городской среды с целями, являющимися основанием для городской морфологии: обеспечение объяснения процессов развития и формирования городов, а также определение рамок, согласно которым города и населенные пункты должны быть спланированы и построены в будущем (Moudon, 1997). Последнее особенно важно с учетом утвержденной стратегии строительной отрасли и ЖКХ Российской Федерации, которая предполагает достичь объемов жилищного строительства к 2030 г. в 120 млн м² жилья в год².

² Постановление Правительства РФ № 3268-р от 31.10.2022 «Об утверждении Стратегии развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года». URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_430333/f62ee45faefd8e2a11d6d88941ac66824f848bc2/ (дата обращения: 15.09.2024).

Методология Space Matrix

Методология Space Matrix — это не только способ определения морфотипов, но методология определения плотности, чему посвящена большая часть работы «Space, Density and Urban Form», которая строится на гипотезе, что многомерный подход к определению плотности в сочетании с различными ограничениями, присущими различным местам в определенный момент времени, влияет на определении возможности городской формы в удовлетворении потребности общества в использовании территории для обеспечения жизнедеятельности, что в свою очередь позволит прогнозировать, какие типы городской ткани могут возникнуть под влиянием различных процессов (Berghauser Pont, Haupt, 2010).

В настоящее время классическое разделение города на морфотипы застройки — брежневская, хрущевская, дореволюционная и прочее — становится все сложнее, так как происходит ее гибридизация. Жесткое зонирование территории по функциям давно уходит в прошлое, поэтому все чаще и больше города наполнены кварталами, в которых могут объединяться не только жилые и коммерческо-деловые функции, но даже производственные.

Традиционные способы классификации городов на морфотипы, ориентированные на образ и деятельность, становится все сложнее использовать, поэтому методологию многомерного определения плотности авторами предлагается применять как для описания существующей застройки (описываемая плотность), так и для определения основных параметров будущей застройки, в первую очередь в стратегических документах (предписываемая плотность), аналогами которых в отечественном правовом поле являются мастер-план и пока еще генеральный план.

Методология предполагает определение как минимум 4 показателей для выбора типа застройки, характеризующего плотность: FSI, GSI, OSR и L:

1. FSI (Floor Space Index) является показателем интенсивности застройки (building Intensity) и определяется отношением общей площади всех этажей зданий, расположенных на земельном участке или в квартале, к площади земельного участка или квартала. Общая площадь всех этажей вычисляется по внешним границам здания, не включаются площади выходящих за границу здания балконов, но включаются площади подвалов.

2. GSI (Gross Space Index, или покрытие) — показатель, который показывает, как относится застроенная территория к незастроенной. Определяется отношением суммы площадей подошв всех зданий к площади агрегирования.

3. OSR (Open Space Ratio, или просторность — Spaciousness). Мера количества незастроенного пространства на уровне земли на квадратный метр общей площади пола. Показывает, сколько квадратных метров пола приходится на метр квадратный незастроенной территории, определяется по формуле $(1 - GSI) / FSI$.

4. L (Building Height) — средняя высота зданий в единице агрегирования. Определяется отношением FSI к GSI.

Методика выделяет 4 уровня единиц агрегирования:

- 1) земельный участок;
- 2) остров (island), является аналогичным в городской морфологии понятие уличного блока. Это пространство, используемое для выделения земельных участков, окруженное территориями общего пользования или границами

земельных участков в случае, если границы улиц не окружают уличный блок с какой-либо из сторон;

3) ткань — отличается от понятия, используемого Гутновым, и в Space Matrix является совокупностью островов одного морфотипа. Границы ткани проводятся по осям улиц, которые обеспечивают доступ к ткани. В случаях, когда улицы нет, границы ткани устанавливаются границами участка. Размер ткани определяется уровнем однородности (распределения) различных островов внутри этой ткани;

4) район (District) — пространство, которое может содержать несколько морфотипов застройки. Может быть различен по размеру как в пределах небольшого города, так и по отдельным районам. Границы района проводятся по осям магистральных улиц или, в случае отсутствия таковых, — по границам ткани.

Вычисление показателей, определяющих тип застройки в QGIS

Выбор QGIS для определения морфотипов обусловлен низким порогом входа для автоматизации вычисления параметров для большинства специалистов, работающих с геоданными, а также большого сообщества пользователей и разработчиков, которые позволяют обеспечить поддержку и доступность дополнительных плагинов для работы с пространственными данными (Игнатьев, Цыбулина, Куликов, Парыгин, 2023).

Для расчетов и апробации методологии в QGIS использовались следующие данные (рис. 1):

- 1) границы уличных блоков (островов) Волгограда, определенные границами красных линий;
- 2) полигональный слой домов, подготовленный в рамках гранта РНФ № 22-11-20024 и Волгоградской области для разработки карты возраста домов Волгограда.



Рис. 1. Данные, используемые для построения алгоритма по расчетам параметров по методологии Space Matrix

Границы некоторых уличных блоков по красным линиям отличаются от границ островов по методологии Space Matrix, что не влияет на использование данных для апробации работы алгоритма. В настоящей статье в первую очередь рассматривается возможность автоматизации расчетов, а не построение островов по методологии, которое является отдельной темой для изучения в связи с комплексностью процесса, связанного в том числе как с отбором данных, их валидацией и обработкой, так и последующим преобразованием. В перспективе автоматическое построение островов, ткани и районов возможно с использованием открытой информации о зданиях (Зуев и др., 2024). Информация о геометрии зданий в настоящий момент доступна для территории всего мира (Van Den Hoek, Friedrich, 2021).

Для автоматизации вычислений с помощью редактора моделей QGIS построена модель (рис. 2). Алгоритм расчета модели следующий:

- 1) на ввод подаются 2 слоя: слой зданий и слой островов;
- 2) вычисляются площади подошв зданий, площади всех этажей зданий, площади островов;

3) выполняется пространственное объединение (spatial join) слоев зданий и островов с вычисленными значениями. Объединение происходит с геометрическим предикатом «пересечение» (intersects). В данном случае предикат выбран из-за разности форм эллипсоида с принятыми в системах координат красных линий и зданий, в связи с этим выявлены пересечения зданий за границы островов. Пространственное соединение выполняется с помощью функции Join attributes by location (summary). При пространственном объединении вычисляются суммы всех подошв зданий для каждого острова и суммы площадей всех этажей всех зданий в острове.

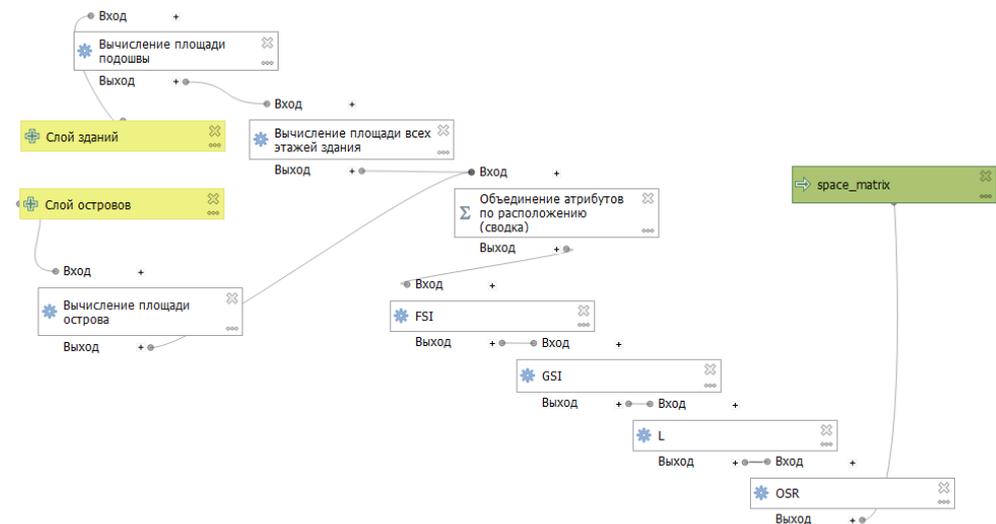


Рис. 2. Модель расчетов параметров по методологии Space Matrix

После пространственного объединения последовательно вычисляются FSI, GSI, L и OSR (рис. 3, 4).

При тестировании на упомянутых исходных данных модель показала корректные результаты в случаях, когда в пределах острова у всех зданий были необходимые данные об их этажности, таких результатов оказалось 663.

Работа алгоритма для вычисления указанных параметров по методологии Space Matrix занимала не более 3 мин для слоя зданий с количеством объектов 92336 и слоя с островами с количеством объектов 4005. Программное обеспечение QGIS позволяет выгрузить модель в виде кода на языке python, что позволит более широко использовать алгоритм.

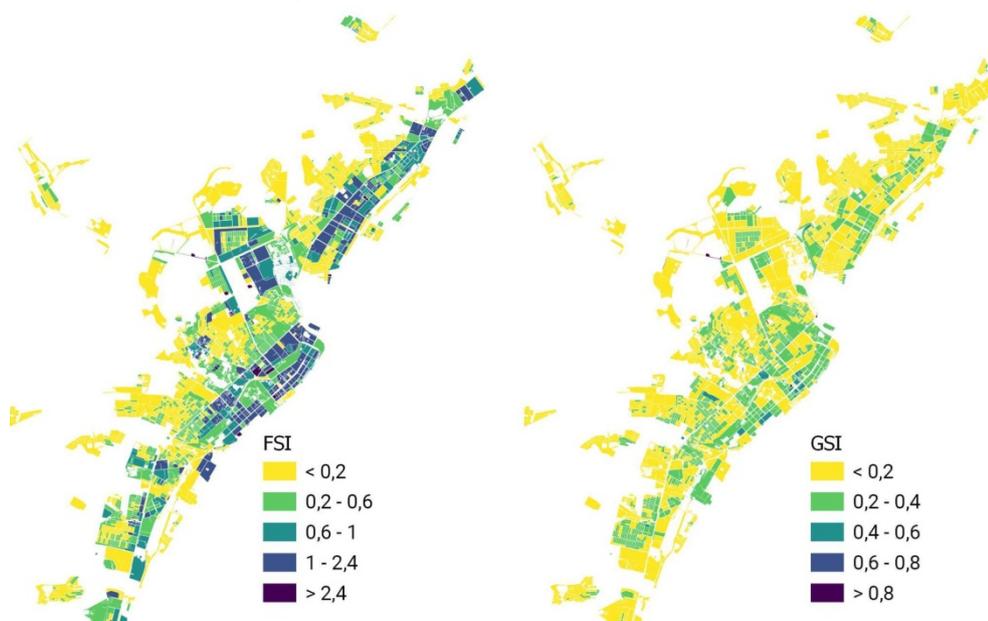


Рис. 3. Результаты расчета FSI и GSI с помощью алгоритма

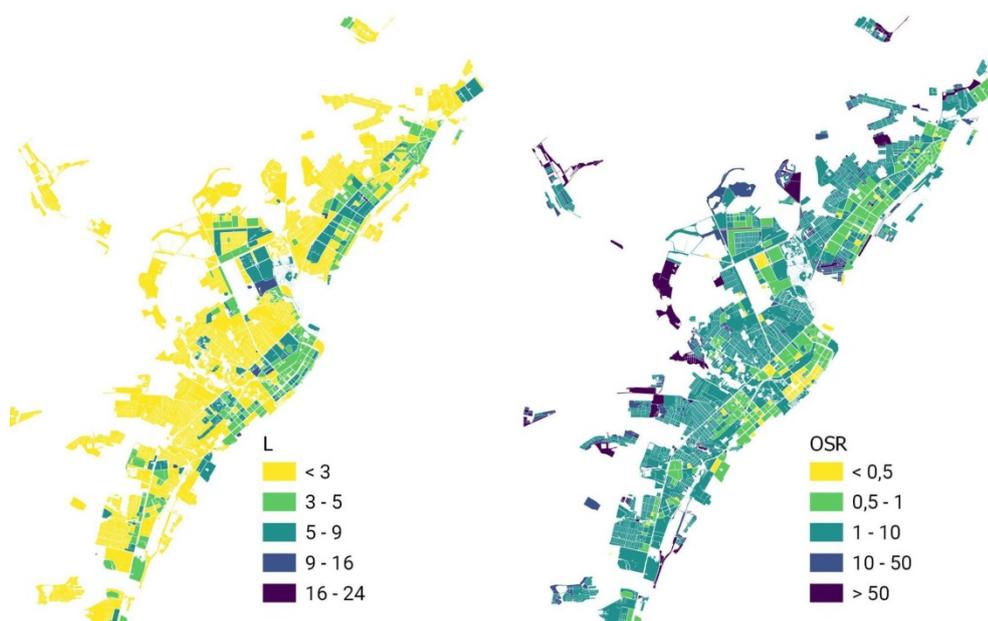


Рис. 4. Результаты расчета L и OSR с помощью алгоритма

Все расчетно-экспериментальные задачи и визуализация результатов производились на «Вычислительном комплексе высокой производительности», внедренном на кафедре цифровых технологий в урбанистике, архитектуре и строительстве ВолгГТУ в рамках реализации программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030».

Заключение

С помощью QGIS реализован алгоритм расчетов параметров Space Matrix, используемых для определения морфотипов застройки, который показал высокую скорость расчета при использовании больших массивов данных, в данном случае массива данных города с населением более 1 млн человек.

Выявлена необходимость разработки автоматического алгоритма построения единиц агрегирования в соответствии с методологией Space Matrix, а также методикой валидации открытых данных для максимальной точности и аккуратности вычислений, что имеет критически важное значение для оценки урбанизированных территорий, так как результаты исследований могут быть в перспективе использованы в качестве инструмента принятия решений по выбору морфотипов для нового жилищного строительства, объемы которого в соответствии со стратегией строительной отрасли и ЖКХ должны расти вплоть до 2030 г.

Благодарности

Авторы выражают благодарность коллегам по кафедре цифровых технологий в урбанистике, архитектуре и строительстве ИАиС ВолгГТУ, принимавшим участие в разработке проекта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Зувев А. Ю., Парыгин Д. С., Тевелев М. Ю., Шебаршов А. А., Денисов В. А.* Структурно-морфологический подход к оценке качества городской среды // Социология города. 2024. № 1. С. 104—115. DOI: 10.35211/19943520_2024_1_104
- Игнатъев А. В., Цыбулина Д. Ю., Куликов М. А., Парыгин Д. С.* QGIS как инструмент разработки интерактивных карт городских общеобразовательных учреждений // Социология города. 2023. № 2. С. 94—104. DOI: 10.35211/19943520_2023_2_94
- Колбовский Е. Ю.* Ландшафтоведение: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2006. 480 с.
- Лаевский В. В.* Стандарт развития застроенных территорий. М.: ГУП «Стройиздат», 2008. 272 с.
- Пасхина М. В.* Выявление, типология и оценка городских морфотипов (на примере г. Ярославля) // Ярославский педагогический вестник. 2012. № 4. Том III. (Естественные науки).
- Berghauer Pont M. Y., Haupt P. A.* Space, Density and Urban Form. London: Routledge, 2010. 256 p.
- Florida R.* Cities and the Creative Class. New York: Routledge, 2002. 198 p.
- Hall P.* Cities in Civilization: Culture, Innovation, and Urban Order. London: Phoenix, 1999. 1169 p.
- Jacobs J.* The Death and Life of Great American Cities. New York: Random House, 1961. 458 p.
- Jenks M., Burton E., Williams K.* The Compact City: A Sustainable Urban Form? London: E&FN Spon, 1996. 350 p.

А. Ю. Зуев, Н. П. Садовникова, Д. С. Парыгин, О. О. Голубева, А. С. Гуртяков

Lozano E. Density in communities, or the most important factor in building urbanity // The urban design reader. Oxon: Routledge, 2012. Pp. 312—327.

Moudon A.V. Urban Morphology as an Emerging Interdisciplinary Field // Urban Morphology. International Seminar on Urban Form. 1997. Pp. 3—10.

Newman P., Kenworthy J. Sustainability and Cities: Overcoming Automobile Dependence. Chicago: University of Chicago Press, 1999. 389 p.

Unwin R. Nothing Gained by Overcrowding! London: P. S. King & Son, 1911. 52 p.

Urhahn G. B., Bobic M. Strategie voor stedelijkheid. Bussum: Uitgeverij THOTH, 1996.

Van Den Hoek J., Friedrich H.K. Satellite-Based Human Settlement Datasets Inadequately Detect Refugee Settlements: A Critical Assessment at Thirty Refugee Settlements in Uganda // Remote Sensing. Vol. 13. No. 18. Switzerland: MDPI, 2021. 3574 p.

Van Kann F., Leduc W. Synergy between regional planning and energy as a contribution to a carbon neutral society: energy cascading as a new principle for mixed land-use. Paper presented at the SCUPAD 2008 conference. Salzburg, Austria 15—18 May 2008.

Research Article

Alexander Yu. Zuev✉

Head of Territorial Planning Department, “GeoClever,, LLC. 17, Sukhova st., Volgograd, 400002, Russia;
e-mail: Zuev34W@yandex.ru

Natalya P. Sadovnikova

Doctor of Engineering Sciences, Professor of Digital Technologies for Urban Studies, Architecture and Civil Engineering Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russia;
e-mail: n_sadovnikova@vstu.ru; ORCID: 0000-0002-7214-9432

Danila S. Parygin

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of Digital Technologies for Urban Studies, Architecture and Civil Engineering Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russia;
e-mail: dparygin@gmail.com; ORCID: 0000-0001-8834-5748

Olga O. Golubeva

Master's Degree student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russia;
e-mail: olga.golubeva.02@mail.ru; ORCID: 0009-0000-1707-2762

Alexander S. Gurtyakov

Senior Researcher of Digital Technologies for Urban Studies, Architecture and Civil Engineering Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russia;
e-mail: agurtyakov@gmail.com; ORCID: 0000-0002-8013-5778

AUTOMATING THE DETERMINATION OF MORPHOTYPES USING QGIS SOFTWARE USING THE SPACE MATRIX METHOD³

³ The study was supported by a grant from the Russian Science Foundation and the Volgograd Region Administration No. 22-11-20024. URL: <https://rscf.ru/project/22-11-20024/>

Abstract. The article describes the developed algorithm for calculating the parameters necessary for classifying buildings into morphotypes in accordance with the Space Matrix methodology presented in the work *Space, Density and Urban Form* for classifying urban development and subsequent study of its functionality with solving problems in various evolutionary periods of development of individual urbanized territories. Using QGIS will allow you to use this algorithm for a wide range of people and optimize the time spent on calculating various characteristics.

Key words: urban morphology, urban form, GIS, Space Matrix.

For citation: Zuev A. Yu., Sadovnikova N. P., Parygin D. S., Golubeva O. O., Gurtyakov A. S. (2024) Automating the determination of morphotypes using QGIS software using the Space Matrix method. *Sotsiologiya Goroda* [Urban Sociology], no. 3, pp. 91—101 (in Russian). DOI: 10.35211/19943520_2024_3_91

Acknowledgement

The study has been supported by the grant from the Russian Science Foundation (RSF) and the Administration of the Volgograd Oblast (Russia) No. 22-11-20024, URL: <https://rscf.ru/en/project/22-11-20024/>. The authors express gratitude to colleagues from the Department of Digital Technologies for Urban Studies, Architecture and Civil Engineering, VSTU, involved in the development of the project.

REFERENCES

- Berghauser Pont M. Y., Haupt P. A. (2010) *Space, Density and Urban Form*. London: Routledge. 256 p.
- Florida R. (2002) *Cities and the Creative Class*. New York: Routledge. 198 p.
- Hall P. (1999) *Cities in Civilization: Culture, Innovation, and Urban Order*. London: Phoenix. 1169 p.
- Ignatyev A. V., Cibulina D. Yu., Kulikov M. A., Parygin D. S. (2023) QGIS as a tool for developing interactive map of city educational institutions. *Sotsiologiya Goroda* [Urban Sociology], no. 2, pp. 94—104 (in Russian). DOI: 10.35211/19943520_2023_2_94
- Jacobs J. (1961) *The Death and Life of Great American Cities*. New York: Random House. 458 p.
- Jenks M., Burton E., Williams K. (1996) *The Compact City: A Sustainable Urban Form?* London: E&FN Spon. 350 p.
- Kolbovsky E. Yu. (2006) *Landschaftovedenie: ucheb. posobie dlya stud. vyssh. ucheb. zavedenii* [Landscape Science: a textbook for students of higher educational institutions]. Moscow: Publishing Center Academy. 480 p. (in Russian).
- Laevsky V. V. (2008) Standart razvitiya zastroennykh territorii [Development standard of built-up areas]. Moscow: Stroyizdat. 272 p. (in Russian).
- Lozano E. (2012) Density in communities, or the most important factor in building urbanity. In: *The urban design reader*. Oxon: Routledge. Pp. 312—327.
- Moudon A.V. (1997) Urban Morphology as an Emerging Interdisciplinary Field. *Urban Morphology. International Seminar on Urban Form*, pp. 3—10.
- Newman P., Kenworthy J. (1999) *Sustainability and Cities: Overcoming Automobile Dependence*. Chicago: University of Chicago Press. 389 p.
- Pashkina M. V. (2012) Identification, Typology and Assessment of City Morphotypes (on the example of Yaroslavl). *Yaroslavl Pedagogical Bulletin*, no. 4, vol. III (in Russian).
- Unwin R. (1911) *Nothing Gained by Overcrowding!* London: P. S. King & Son. 52 p.
- Urhahn G. B., Bobic M. (1996) *Strategie voor stedelijkheid*. Bussum: Uitgeverij THOTH.

А. Ю. Зуев, Н. П. Садовникова, Д. С. Парыгин, О. О. Голубева, А. С. Гуртяков

Van Den Hoek J., Friedrich H.K. (2021) Satellite-Based Human Settlement Datasets Inadequately Detect Refugee Settlements: A Critical Assessment at Thirty Refugee Settlements in Uganda. *Remote Sensing*, vol. 13, no. 18. Switzerland: MDPI. 3574 p.

Van Kann F., Leduc W. (2008) Synergy between regional planning and energy as a contribution to a carbon neutral society: energy cascading as a new principle for mixed land-use. Paper presented at the SCUPAD 2008 conference. Salzburg, Austria 15—18 May 2008.

Zuev A. Yu., Parygin D. S., Tevelev M. Yu., Shebarshov A. A., Denisov V. A. (2024). Structural-morphological approach to assessing the quality of the urban environment. *Sotsiologiya Goroda* [Urban Sociology], no. 1, pp. 104—115 (in Russian). DOI: 10.35211/19943520_2024_1_104

Поступила в редакцию 17.09.2024

Received 17.09.2024

Принята в печать 20.10.2024

Accepted for publication 20.10.2024