

Научная статья

Original article

УДК 332.36

DOI 10.55186/25876740_2024_8_3_6

Научная специальность: 1.6.15 «Землеустройство, кадастр и мониторинг земель»
(экономические науки)

**МНОГОФАКТОРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕВЕЛОПМЕНТА
ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ. ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ
A MULTIFACTOR STUDY OF URBAN AREA DEVELOPMENT.
FOREIGN EXPERIENCE**



Цыпкин Юрий Анатольевич, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой градостроительства и пространственного развития, ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству» (105064 Россия, г. Москва, ул. Казакова, д. 15), тел. 8(499) 261-92-62, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0774-485X>, tsyarkin@valnet.ru

Шепелев Алексей Львович, аспирант, ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству» (105064 Россия, г. Москва, ул. Казакова, д. 15), тел. 8(965) 446-08-82, ORCID: <http://orcid.org/0009-0004-3564-935X>, shepelev187@gmail.com

Yuri A. Tsyarkin, doctor of economic sciences, professor, head of the department of urban planning and spatial development, **State University of Land Use Planning (15 Kazakova St., Moscow, 105064 Russia)**, tel. 8(499) 261-92-62, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0774-485X>, tsyarkin@valnet.ru

Alexey L. Shepelev, post-graduate student, **State University of Land Use Planning (15 Kazakova St., Moscow, 105064 Russia)**, tel. 8(965) 446-08-82, ORCID: <http://orcid.org/0009-0004-3564-935X>, shepelev187@gmail.com

Аннотация. В статье приводятся рассуждения о значении разрастающегося города как динамически развивающейся системы при проявлении тенденций урбанизации и субурбанизации. Принимая во внимание сложность описания городской динамики, существует необходимость многофакторного исследования деvelopeмента городских территорий. Преобразование городской среды требует вовлечения различных заинтересованных сторон, поэтому необходимо затронуть зарубежный опыт в целях разработки актуального подхода к многофакторному исследованию, и в свою очередь, модели пространственного развития субурбанизированных территорий. В рамках обзора зарубежного опыта первым представлено Мюнхенское исследование, которое отражает оценку комплексной динамичности городов путем задействования экономической, социальной, культурной и экологической динамичности. В свою очередь венгерские исследователи разделили факторы на шесть классов, называя их факторами личных предпочтений, и установили им цифровую форму. В этом исследовании статистическая обработка основывается на присвоении формам относительных значений баллов, выражающих доступность функциональных объектов во взаимосвязи с факторами личного предпочтения. Исследователи из Китая разработали модель HUBs, отражающую общую концептуальную иерархию границ в масштабе городских поселений. Также они предложили алгоритм кластеризации городов на основе рангов (RUC), который учитывает площадь урбанизированных участков и пространственную близость между ними. Указанные исследования позволяют интерпретировать смысл зарубежного научного подхода при многофакторном исследовании городских территорий и воспользоваться зарубежными научными экспериментальными методами при подготовке адаптируемых инструментов пространственного развития, которые в комплексе являются первым шагом в разработке модели

пространственного развития субурбанизированных территорий. Также нашим коллективом введено новое понятие «этическая урбанистика», которое отражает мировоззренческую позицию «человек-город-природа».

Abstract. The article presents discussions on the significance of the sprawling city as a dynamically developing system in the manifestation of urbanization and suburbanization trends. Given the complexity of describing urban dynamics, there is a need for a multifactorial research of urban sprawl development. The transformation of the urban environment requires the involvement of various stakeholders, so it is necessary to touch upon foreign experience in order to develop a relevant approach to multifactor research, and in turn, a model of spatial development of suburbanized areas. Within the review of foreign experiences, the first study presented is the Munich study, which reflects the assessment of complex urban dynamism by engaging economic, social, cultural and environmental dynamism. In turn, Hungarian researchers divided the factors into six classes, calling them personal preference factors, and assigned them a digital form. In this study, the statistical treatment is based on assigning to the forms relative values of scores expressing the accessibility of functional objects in relationship to personal preference factors. Researchers from China developed a model of HUBs that reflects a general conceptual hierarchy of boundaries at the scale of urban settlements. They also proposed a rank-based urban clustering algorithm (RUC), which takes into account the area of urbanized areas and spatial proximity between them. The mentioned studies allow us to interpret the meaning of foreign scientific approach in multifactor study of urban areas and take advantage of foreign scientific experimental methods in preparing adaptable spatial development tools, which together are the first step in developing a model of spatial development of suburbanized areas. Our collective has also introduced a new concept of «ethical urbanism», which reflects the worldview position of «man-city-nature».

Ключевые слова: *урбанизация, субурбанизированные территории, девелопмент городских территорий, застроенные территории, устойчивое городское развитие, селитебные территории, локальная плотность, кластеризация, этическая урбанистика.*

Keywords: *urbanization, suburbanized territories, development of urban areas, built-up areas, sustainable urban development, residential areas, local density, clustering, ethical urbanism.*

Введение

Одна из наиболее заметных тенденций проявления урбанизации при наблюдении за текущей динамикой состояния городов – это их разрастание. С позиции исследования, городское разрастание может быть определено как расширение границ города на территории с более низкой плотностью населения в окружающий сельский ландшафт. Тем самым, оно будет затрагивать субурбанизированные территории, развитие которых необходимо обозначить.

В современном мире все больше зарубежных и отечественных авторов ссылаются в своих многопрофильных градостроительных исследованиях на процессы урбанизации – это стало неким трендом. Что примечательно, в каждой стране, даже регионе, он протекает по-разному в силу сформированных на данный момент времени социокультурных и экономических отношений внутри общества, созданных условий жизни и труда в пределах центра города и в городской черте.

Процесс субурбанизации может стать доминирующей проблемой 21 века для регионального и городского планирования и проектирования. Субурбанизированные территории не связаны лишь с маятниковой миграцией населения – это территории изменения социальных, экономических и экологических условий жизни, и реструктуризации, принимающие, как правило, хаотичный характер. Это не просто промежуточное или пограничное пространство в городской черте между городом и сельской местностью, скорее, это новый вид многофункционального ландшафта для обновления и развития городов.

Одной из основных причин, особенно для молодых семей, для переезда из центральных городских районов в приграничные, является наличие отдельно стоящих домов с личным садом, свежим воздухом, чистой водой, зеленым

окружением и безопасной средой для роста детей. Развитие быстрых и доступных коммуникационных технологий обеспечивает повсеместную среду для работы на больших расстояниях, виртуально связанную с компаниями-работодателями, расположенными в городских центрах. С улучшенными системами общественного транспорта люди склонны соглашаться на более протяженные расстояния между домом и местом работы.

Снижение цен на недвижимость в сочетании с растущим расстоянием до городских центров позволяют, в зависимости от предпочитаемого образа жизни, семьям жить в индивидуальных и среднеэтажных домах в зеленой среде.

В то же время, высочайший уровень доступности и, следовательно, меньшее время, затрачиваемое в пути, обычно достигаются в густо застроенных городских районах, где места приложения труда, торговые и бытовые объекты, а также объекты обслуживания находятся в непосредственной близости от мест проживания. Кроме того, транспортная инфраструктура таких районов, включающая дорожную сеть в совокупности с общественными остановками, наиболее развита.

Методология проведения будущего исследования

Многофакторное исследование девелопмента городских территорий, в т. ч. субурбанизированных подразумевает изучение города как динамично-развивающейся среды со множеством измерений или «слоев», связанных с такими измерениями как:

- экономическое (занятость населения, экономическая активность и функциональная наполняемость городского ландшафта);
- социальное (взаимодействие людей в местах постоянного или временного пребывания, социальная динамика, наполняемость улиц);
- культурное (близость культурных объектов, наличие креативных индустрий, культурная активность);
- экологическое (качество окружающей среды, биоразнообразие, устойчивость экосистем).

Это подчеркивает сложность исследования городской динамики. Человеческая деятельность характеризуется влиянием городских функций в пространственно-временном масштабе. Именно поэтому она играет решающую роль в обеспечении устойчивого динамизма и эволюции городских пространств.

Динамически развивающаяся среда зависит от городской морфологии, эффективно разработанных городских функций, которые обеспечивают потребности населения и сохранность окружающей природной среды с учетом ее привлекательности ранее описанных измерений.

Растущий интерес в повышении качества жизни в городских реалиях приводит к смещению акцента с пространственного разрастания на создание динамично пригодной для жизни городской среды. Этот акцент непременно сказывается на застроенности уже освоенных территорий. Застроенные территории обладают стабильностью и долговечностью, но при этом создают трудности при дальнейшем их преобразовании в качественно новую среду. Преобразование застроенных территорий для повышения динамичности городов требует значительного времени, ресурсов и скоординированных усилий заинтересованных сторон в виде взаимодействия региональных и муниципальных органов власти, физических и юридических лиц. Следовательно, разработка адаптируемых инструментов воздействия на застроенные территории имеет решающее значение для устойчивого городского развития.

Ход зарубежных исследований

1. Мюнхенское исследование

В Мюнхенском исследовании команда зарубежных авторов утверждает, что районы с более высокой плотностью населения, большим функциональным разнообразием и доступностью будут демонстрировать наиболее высокий уровень динамичности. И наоборот, разрозненная, однородная и плохо спроектированная застроенная территория может подавлять динамичность города [1, с. 4-8]. В частности, модель географически взвешенной регрессии (ГВР) используется для количественного анализа различных эффектов,

оказываемых факторами в пределах застроенной среды на динамичность городов, включая экономические, социальные, культурные и экологические аспекты. Модель Geodetector раскрывает взаимодействие между различными факторами, присутствующими в застроенной среде, при дальнейшем выяснении их коллективного влияния на формирование многомерной городской динамичности.

Принимая во внимание Россию, многомерная динамичность городов наиболее важна, особенно, что касается крупных мегаполисов, таких как: Москва, Санкт-Петербург, Новосибирск и Екатеринбург. Это связано со взаимодействием внутренних функциональных связей города с внешней средой, которая определена городскими и сельскими населенными пунктами, удерживающими демографические и денежные ресурсы.

В Мюнхенском исследовании была проведена интеграция источников данных в географическую информационную систему QGIS, где была наложена гибкая сетка транспортного деления на административные границы г. Мюнхена. Таким образом было получено количество единиц делений сетки, что представлено на рисунке 1.

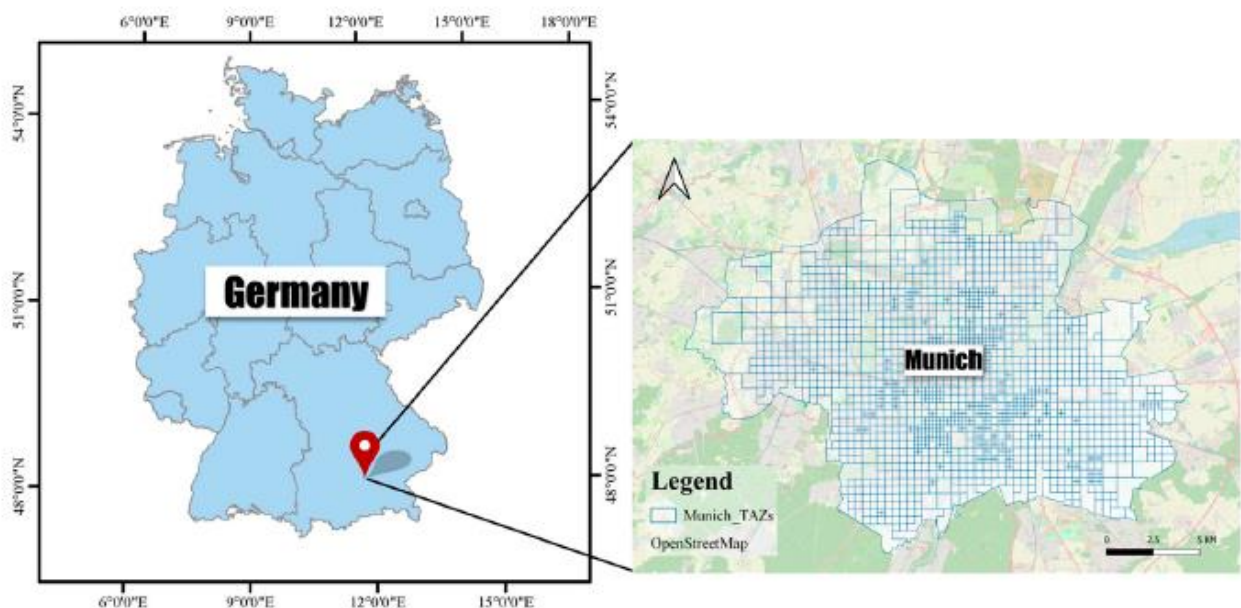


Рисунок 1 – Деление территории Мюнхена гибкой сеткой [1, с. 4]

Использование гибкой транспортной сетки безусловно можно назвать эффективным решением, так как большая часть жизни крупного города

сосредотачивается непосредственно вблизи дорог. Рядом с ними происходят финансовые операции, социокультурные взаимодействия и контакт с окружающей природной средой. Но также необходимо отметить, что транспортная сеть будет всегда зависеть от транспортно-планировочного каркаса городского поселения. Если мы говорим о регулярной структуре, то такой подход окажется результативным, в случае линейной и регулярно-фокусированной структуры подход необходимо будет усовершенствовать. Использование регулярной сетки транспортно-планировочного каркаса подходит не для всех населенных пунктов, а является спецификой европейских населенных пунктов с практически повсеместной интеграцией зданий в квартальную застройку.

Авторы использовали открытые наборы данных об освещенности в ночное время, ценах на жилье, отзывах в социальных сетях, точках интереса, данные о разностном индексе растительности и спутниковые снимки. Данные об освещенности в ночное время служат индикатором экономической активности и динамизма городов [2], в то же время как цены на жилье отражают их экономическую ценность и привлекательность для приобретателей и арендаторов. Данные об отзывах в социальных сетях дают представление о социальных взаимодействиях и настроениях населения в городе [3]. Точки интереса отражают разнообразие и доступность городских удобств [4]. Данные о разностном индексе растительности отражают наличие и распределение городских зеленых насаждений [5].

Экономическая динамичность

Сочетание интенсивности освещения в ночное время и данных о ценах на жилье обеспечивает более сбалансированную и надежную оценку экономической динамичности, охватывающую как краткосрочную, так и долгосрочную динамику. Формула расчета (1) экономической динамичности выглядит следующим образом:

$$E_i = \alpha * L_i + \beta * H_i, \quad (1)$$

где E_i представляет собой экономическую динамику зоны i , L_i – данные об освещенности в ночное время, H_i – данные о ценах на жилье, а α и β – весовые коэффициенты, соответствующие L_i и H_i соответственно. Чтобы придать равную значимость обоим показателям, весовые коэффициенты α и β в Мюнхенском исследовании равны $1/2$.

Расчет экономической динамичности можно назвать невозможным, так как статистический сбор информации об интенсивности освещения в ночное время в настоящее время не обеспечивается, а механизм сбора такой информации не проработан на государственном уровне или хотя бы на уровне субъектов страны. Сведения о ценах на жилье имеют разрозненный вид и содержатся, как правило, в базах данных крупных агрегаторов или сервисов недвижимости, а кадастровая стоимость не позволяет дать точной оценки рыночной стоимости того или иного объекта недвижимости. Такие сведения в данный момент не являются достоверными и полными.

Социальная динамичность

С широким распространением сервисов, основанных на местоположении, данные социальных сетей стали ценным источником для оценки социальной активности [6]. Формула расчета (2) социальной динамичности выглядит следующим образом:

$$S_i = \frac{T_i}{A_i}, \quad (2)$$

где S_i обозначает социальную активность зоны i , T_i – общее количество отзывов в данной конкретной зоне, а A_i – площадь ячейки сетки.

Расчет социальной динамичности зависит от количества отзывов в определенной зоне. В настоящее время российская транснациональная компания «Яндекс» осуществляет деятельность в виде поисково-информационной службы «Яндекс Карты», где каждый человек может оставить отзыв по местоположению объекта посещения. Функции выгрузки таких данных все еще не существует и в ближайшей перспективе не планируется.

Культурная динамичность

Культурная динамичность является легко поддающейся количественной оценке показателем распределения объектов культуры по всему городу. Она отражает потенциал культурного вовлечения и взаимодействия. Формула расчета (3) культурной динамичности выглядит следующим образом:

$$C_i = \frac{P_i}{A_i}, \quad (3)$$

где C_i представляет культурную насыщенность зоны i , P_i обозначает количество культурных объектов, а A_i – площадь ячейки сетки.

Расчет культурной динамичности обеспечивается реестром данных об объектах культуры, который периодически публикуется в свободном доступе с географической привязкой Министерством культуры РФ на Портале открытых данных [7].

Динамичность окружающей среды

Динамичность окружающей среды играет решающую роль в формировании динамичности города. Высокий уровень качества окружающей среды не только повышает склонность людей к активному отдыху, но и привлекает больше участников социальных мероприятий [8]. Формула расчета (4) динамичности окружающей среды выглядит следующим образом:

$$V_i = NDVI_i, \quad (4)$$

где экологическая динамика V_i зоны i измеряется средним нормализованным разностным вегетационным индексом, полученным на основе снимков дистанционного зондирования. Индекс NDVI служит надежным индикатором качества окружающей среды, отражая динамику развития и биомассу растительности. Более высокие значения NDVI указывают на наличие здоровой и густой растительности, что свидетельствует о более благоприятной экологической обстановке. Такие зоны характеризуются пышными зелеными насаждениями, парками и садами, которые создают многочисленные преимущества, такие как улучшение качества воздуха, регулирование

температуры, а также возможности для отдыха на свежем воздухе и социального взаимодействия [5].

Динамичность окружающей среды рассчитывается исследователями исходя из среднего нормализованного разностного индекса NDVI, полученного на основе снимков дистанционного зондирования. Ортофотоплан, который бы полностью охватывал крупные мегаполисы с отражением индекса NDVI в свободном доступе отсутствует. С помощью геоинформационной системы QGIS данный процесс можно обеспечить в камеральных условиях путем дистанционного мониторинга, используя инструмент анализа «Vegetation index» или функцию «Калькулятор растра», применив одноканальное псевдоцветное отображение, и снимки в спутниковой системе Sentinel-2 с высоким разрешением. Действительно, индекс NDVI способен отразить экологическое биоразнообразие с высокой точностью при условии создания качественного ортофотоплана без атмосферной затуманенности в весенне-летний сезон. Формула расчета (5) индекса NDVI представлена в виде:

$$NDVI_i = \frac{(NIR-R)}{(NIR+R)}, \quad (5)$$

где NIR – ближний инфракрасный свет; R – красный свет.

Комплексная динамичность

Комплексная оценка динамичности городов определяется по следующей формуле (6):

$$U_i = \frac{E_i + S_i + C_i + V_i}{4}, \quad (6)$$

где U_i представляет собой комплексный показатель динамичности города для каждой ячейки сетки i , а E_i , S_i , C_i и V_i обозначают нормированные значения экономической, социальной, культурной и экологической динамичности, соответственно. Этот составной индекс обеспечивает сбалансированную перспективу комплексной динамичности по всем четырем измерениям и используется для получения окончательного пространственного распределения комплексной динамичности, как показано на рисунке 2.

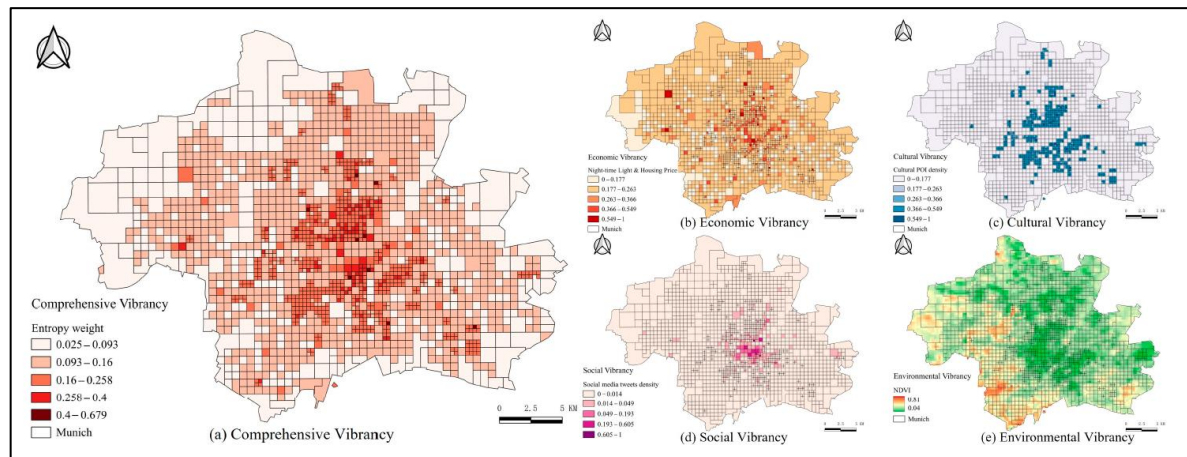


Рисунок 2 – Состав комплексной городской динамичности [1, с. 6]

О комплексной динамичности, которая показывает влияние всех указанных видов динамичности можно сказать, что она является недостаточно полноценным показателем для многофакторной оценки девелопмента городских территорий в силу отсутствия учета плотности городской застройки и недостаточного количества рассматриваемых факторов в Мюнхенском исследовании. Такая комплексная динамичность недостаточно точно отражает социокультурное, экономическое и экологическое измерения.

В силу чего следует разделить комплексную динамичность на группу антропогенных факторов, повышающих ценность территории при помощи показателя обеспеченности инженерной инфраструктурой, объектами культурно-бытового обслуживания и степени историко-культурной ценности территории (Ф-1) и группу природных факторов, также повышающих ценность территории (Ф-2), изменив подход к расчету динамичности города и использованию гибкой четко установленной системной сетки 500x500м.

Динамичность окружающей среды следует же преобразовать в две группы факторов: антропогенные факторы, понижающие ценность территории вследствие загрязнений (Ф-3); природные факторы, понижающие ценность территории вследствие негативных почвенных явлений (Ф-4). При этом необходимо проработать вопрос выявления загрязняющих и почвенных компонент.

2. Исследование г. Сегед

Исследователи из Венгрии на примере г. Сегед предложили мультифакторную модель классификации городских селитебных территорий, чему способствовали выбранные факторы, которые объективно отражают типичные городские условия в Венгрии и являются репрезентативными для восточноевропейских городов со схожим историческим прошлым. Однако в разных культурах и на разных континентах предпочитают и считают привлекательными разные факторы, поэтому количество и тип факторов личных предпочтений в модели могут быть различными.

Факторы личных предпочтений первого класса представляют собой общие физические и инфраструктурные условия недвижимости, поскольку жители предпочитают владеть недвижимостью с более высоким уровнем жизни и низкими эксплуатационными расходами.

Ко второму классу относятся факторы личных предпочтений, которые легко доступны с помощью общественного или индивидуального транспорта. Лучшая доступность может отражать существенное преимущество, но может включать и серьезные недостатки, такие как повышенный уровень аварийности на дорогах или потенциальные пробки.

В третьем классе находятся образовательные и культурные учреждения. Для семей с маленькими детьми близость яслей, детских садов и средних школ может стать благоприятным условием проживания. Близость высших учебных заведений может принести большую экономическую выгоду местным жителям, так как дома или квартиры часто сдаются в аренду для студентов. К недостаткам образовательных районов можно отнести повышенный средний уровень шума и повышенное движение транспорта во время отъезда и приезда школьников.

К четвертому классу относятся крупные коммерческие объекты, такие как фермерские рынки, торговые центры, супермаркеты и рестораны. Крупные продуктовые магазины и сети гипермаркетов предоставляют огромный выбор товаров повседневного спроса, и в большинстве случаев они дешевле, чем небольшие магазины.

Пятый класс включает в себя объекты, специализированные для отдыха, занятий спортом и крупные медицинские учреждения. Близость больниц крайне важна для пожилых людей и семей с маленькими детьми.

Шестой класс включает три фактора, которые не одобряют местные жители. Близость промышленных и фабричных предприятий и связанное с ними интенсивное движение транспорта всегда были значимыми нежелательными факторами для жителей. За последние десятилетия интенсивное движение стало крупнейшим источником загрязнения воздуха и шума. К негативным факторам также относится наличие сегрегированных и экономически неблагополучных групп населения с низким уровнем жизни [9, с. 10].

Каждому фактору личных предпочтений были присвоены идентификаторы формы в виде точек, линий или полигонов. В качестве базовой карты использовалась оцифрованная и привязанная к местности карта в масштабе 1:10000. Спутниковые снимки Google Earth были привязаны в геоинформационной системе. Также была включена векторная база данных OpenStreetMap для Венгрии. Однако в этой базе данных указана лишь десятая часть жилых объектов. Поэтому для точной идентификации отдельных объектов были проведены полевые исследования и использованы изображения из сети Интернета, и печатные карты г. Сегед.

Оцифровка объектов была выполнена с помощью программного обеспечения Cartalinx. С помощью интернет-ресурсов были определены образовательные, культурные, медицинские и другие учреждения, а также объекты общественного обслуживания.

Оцифрованные объекты были сохранены в 27 векторных слоях, где один фактор личных предпочтений представлял один слой, что представлено на рисунке 3. Эти векторные слои были позже растрированы с помощью программы Idrisi Selva, где размеры растрированных пикселей были установлены 10×10 метров, чтобы сохранить относительно низкое время обработки.

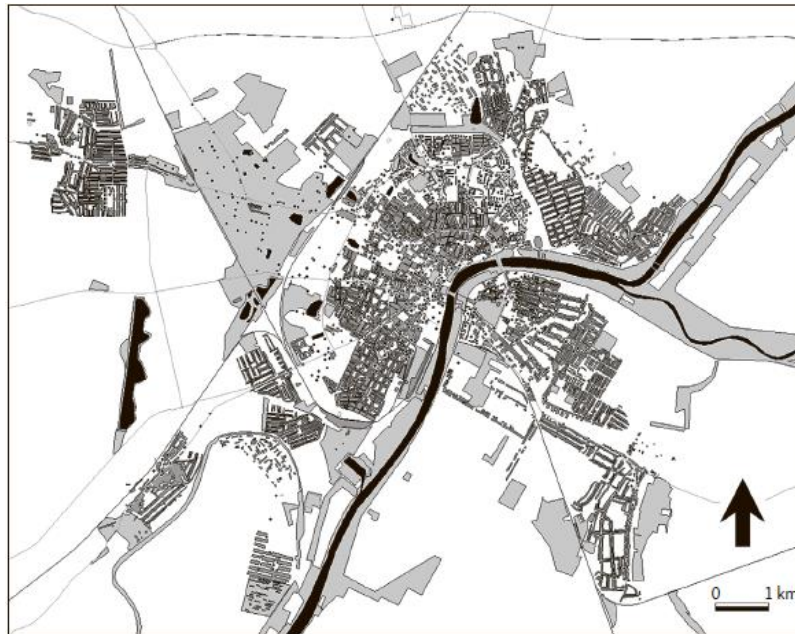


Рисунок 3 – Визуализация оцифрованных точек, линий и полигонов [9, с. 13]

Разбиение на четкие классы личных предпочтений, являющихся одновременными факторами или группами факторов, становится очевидным. Исследователи в ходе своей работы отдают предпочтение установлению связи между близостью объектов проживания (объектов жилой недвижимости) и объектов личного предпочтения. Обозначая факторы в виде цифровых форм, венгерские исследователи используют данные о классовых объектах из свободных интернет-ресурсов, что не совсем корректно. В данном случае следует использовать официальные источники государственных служб сбора ведомственной информации о таких объектах, чтобы соблюдать полноту таких сведений. Указанные классы личных предпочтений следует разбить на две группы факторов: локализационные факторы антропогенного происхождения, характеризующие максимальную доступность до объектов общегородского назначения (Ф-5) и локализационные факторы природного происхождения, характеризующие доступность до природно-заповедных территорий, крупных парков и лесопарков, рекреационных зон и местностей (Ф-6).

Поскольку основной целью данного исследования была не только пространственная визуализация факторов личных предпочтений, но и пространственный анализ их влияния на распределение жилой недвижимости и

уровень жизни населения. Для достижения этой цели каждому атрибуту были присвоены относительные баллы.

Большинство полученных слоев ГИС были взвешены по (обратному) расстоянию от интересующего фактора личного предпочтения. Положительное или отрицательное влияние оцениваемых факторов личных предпочтений ослабевает с увеличением расстояния, и выше заданного порогового расстояния (диапазона) их влияние прекращается.

Относительные значения баллов и корректировка диапазона проводились в несколько этапов. В тех случаях, когда имело значение расстояние до объектов, для расчета ранжирования использовался более сложный метод. В этом случае создавался слой карты, в котором каждому пикселю присваивалось значение расстояния, которое увеличивалось с ростом расстояния до интересующего объекта. На следующем этапе программе задавался диапазон, а затем расстояние преобразовывалось в значение балла с помощью модуля Image Calculator.

После реклассификации значение расстояния являлось положительным числом, если оно монотонно уменьшалось с увеличением расстояния до объекта. Если расстояние было отрицательным числом, то значение расстояния постепенно увеличивалось до максимального значения дальности.

Присвоение относительных значений (или коэффициентов) можно назвать важным шагом, поскольку каждое значение будет служить как положительным, так и отрицательным взвешенным идентификатором оценки каждого фактора. В последствие построение диапазона значений с упорядочиванием может быть использовано для статистической корреляционно-регрессионной формы оценки каждого фактора, а также построения оценочных диаграмм.

3. Иерархическое городское исследование

Исследователи из Китая разработали модель HUBs, отражающую общую концептуальную иерархию границ в масштабе городских поселений, которая включает в себя три вложенные друг в друга основные границы:

- территория города (UE);
- городские застроенные территории (UB);

- городской плотный центр (UC);

- а также три производные границы: городское открытое пространство, городской водный бассейн и внегородские застроенные территории (EB) [11].

Эти границы выделяются следующим образом: UE, которая относится к самой обширной территории самостоятельного городского поселения. UE состоит из урбанизированных участков (застроенная территория выше определенной локальной плотности) и окружающих их или прилегающих открытых пространств (например, территорий зеленых насаждений) и водных объектов; UB – объединение всех застроенных территорий в пределах UE; UC – центр объединения застроенных территорий с высокой плотностью; EB – урбанизированные участки, которые находятся далеко от других городских поселений и слишком малы, чтобы представлять собой самостоятельное городское поселение.

Картографическая модель отображения иерархических городских границ, называемая HUBM, может быть разбита на три основных этапа.

Во-первых, используется метод скользящего окна, чтобы провести статистику соседства пикселей и рассчитать локальную плотность застроенных территорий на уровне пикселей.

Во-вторых, учитывается локальная плотность и пространственная смежность застроенных территорий, чтобы определить три типа участков (а именно, городские, пригородные и сельские) на уровне участков.

В-третьих, предлагается новый алгоритм кластеризации урбанизированных участков городских поселений (включая городские и пригородные участки), генерируется самая обширная граница (т. е. UE) физического городского образования и определяются другие границы на основе трех критериев: плотности, размера и пространственной взаимосвязи [11, с. 3].

В конечном итоге, городские поселения разграничиваются на основе UE на уровне субъекта и получается HUBs каждого городского поселения на иерархическом уровне. Схема идентификации (эскизная карта) HUBs и общий технический процесс HUBM показан на рисунках 4 и 5.

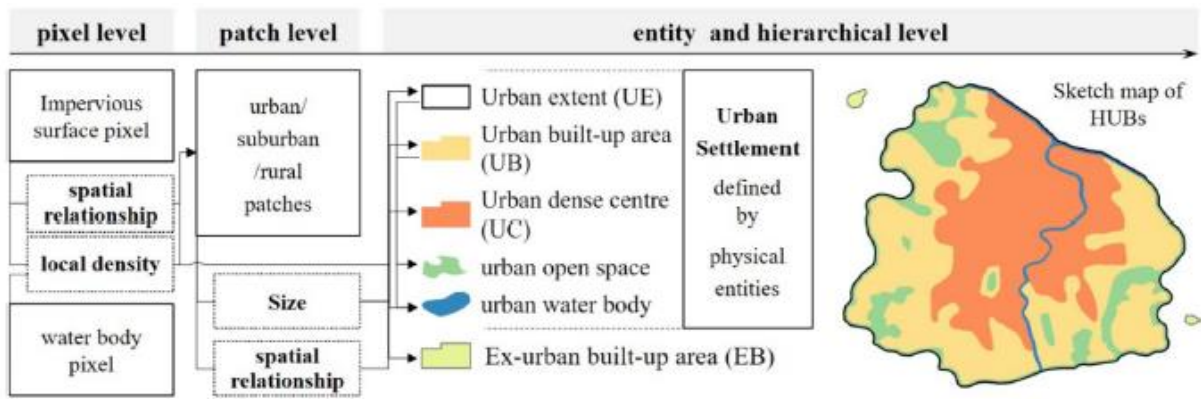


Рисунок 4 – Краткая схема идентификации (эскизная карта) HUBs [11, с. 3]

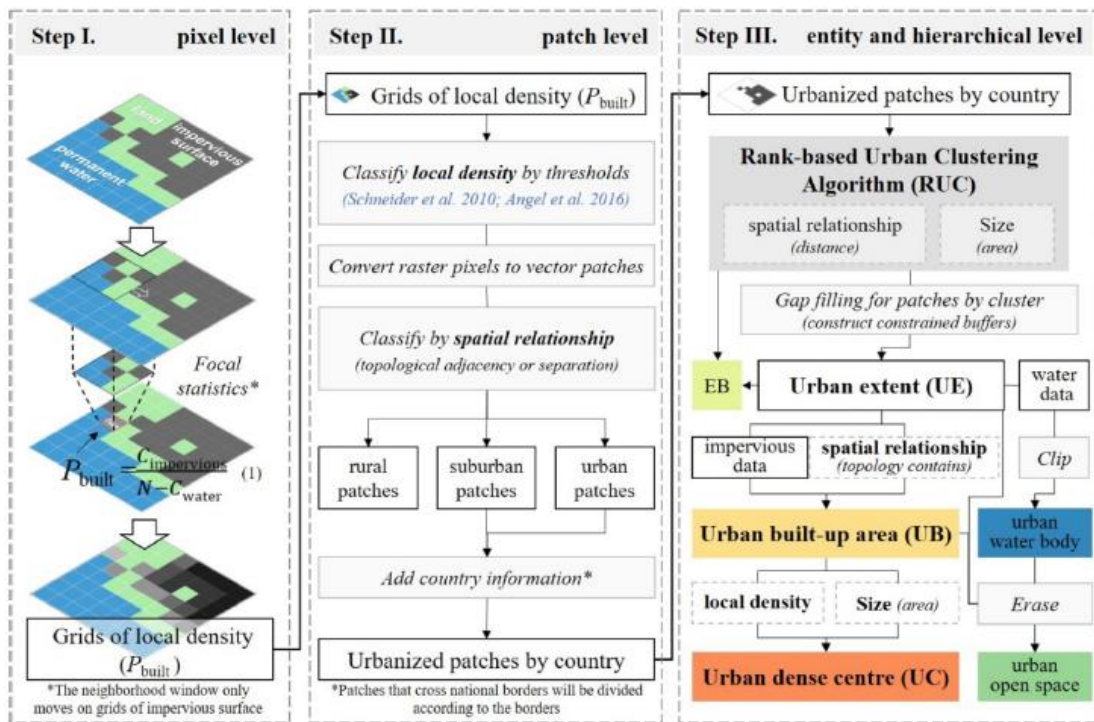


Рисунок 5 – Технический процесс HUBM [11, с. 4]

Китайские исследователи предложили разделить город на территорию города, городские застроенные территории и городской плотный центр и внегородские застроенные территории. Такая типология может повсеместно применяться при мелкомасштабном исследовании городских территорий, когда целый город рассматривается как единица в большом множестве эмпирических объектов оценки, например, когда объектами оценки выступает множество городских поселений в составе моно- и полицентрических агломераций. В то же время топологическими отношениями закладывается идентификация объектов по нахождению в городе, пригороде и сельской местности.

На основе этого каждый тип городской территории связан с показателем локальной плотности как деление общего количества пикселей застроенных территорий на разницу общего количества пикселей в окне и общего количества пикселей водных объектов, которая определяет статус территории.

На первом этапе проводится локальная статистика для каждого пикселя застроенной территории с пространственным разрешением 30 м. В частности, рассчитывается локальная плотность застроенной территории в определенном окне окрестностей вокруг каждого пикселя застроенной территории.

Формула расчета локальной плотности представлена на рисунке 4, где: P_{built} – локальная плотность; $C_{impervious}$ и C_{water} – общее количество пикселей «застроенной территории» и «постоянных водных объектов» в окрестности, соответственно; N – общее количество пикселей в окне. Размер окна окрестностей определяется как расстояние 10 минутной пешеходной доступности с площадью около одного квадратного километра.

Сложно согласится с этой формулой, так как в пикселе содержится помимо водных объектов еще и объекты иных категорий. Определять локальную плотность необходимо исключительно по показателю застроенности путем цифровизации данных или прямого дешифрирования снимков, при этом закладывая некоторую погрешность за счет неточности разрешающей способности съемки.

На втором этапе выбирается локальная плотность застроенной территории в качестве количественной характеристики городского ландшафта и объединяются топологические отношения между пикселями для идентификации сельских, пригородных и городских участков. В частности, городские участки определяются по эмпирическому порогу 0,5, который означает, что местная доля застроенной среды превышает 50%. Для пригородных участков локальная плотность должна составлять 0,25-0,5, и они также должны пространственно примыкать к городским участкам. Пиксели, не удовлетворяющие двум вышеуказанным условиям, классифицируются как «сельские участки».

Городские и пригородные участки в совокупности называются урбанизированными участками [10, 12, 13, 14].

Также в данном исследовании предложен алгоритм кластеризации городов на основе рангов (RUC). Основная идея RUC заключается в том, чтобы учитывать площадь урбанизированных участков и пространственную близость между ними. Урбанизированным участкам, которые могут образовывать кластеры, RUC присваивает номер кластера. Участки, имеющие одинаковый номер кластера, вместе с определенным буфером открытого пространства или водоема внутри и вокруг него, могут образовать UE, который рассматривается как самостоятельное городское поселение. Буфер используется для устранения пробелов между участками по кластерам, формируя таким образом непрерывную, замкнутую городскую границу.

Сначала площадь участков была отсортирована в порядке убывания. Это связано с тем, что площадь участка может в некоторой степени отражать масштаб поселений. В порядке убывания обрабатываются некластеризованные участки.

Если в буфер текущего участка попадают кластеры, ширина буфера равна d . Если в буфере больше одного кластерного участка, участку присваивается номер кластера ближайшего участка. Если в буфере нет кластеризованных участков, то в первую очередь необходимо рассмотреть размер текущего участка. Если размер текущего участка превышает минимальный порог S_{\min} , участку будет присвоен новый номер кластера. В противном случае текущему участку не будет присвоен номер кластера. После того как отсортированные участки будут обработаны один раз, алгоритм завершается.

Весь алгоритм включает в себя два параметра: минимальный порог площади для формирования нового кластера и расстояние поиска d . S_{\min} устанавливается на уровне пяти квадратных километров, это означает, что урбанизированные участки площадью менее пяти квадратных километров могут рассматриваться только как часть других городских поселений, но не могут образовывать

самостоятельное поселение. Что касается параметра d , то он установлен на уровне 0,99 км. Основной процесс RUC показан ниже на рисунке 6.

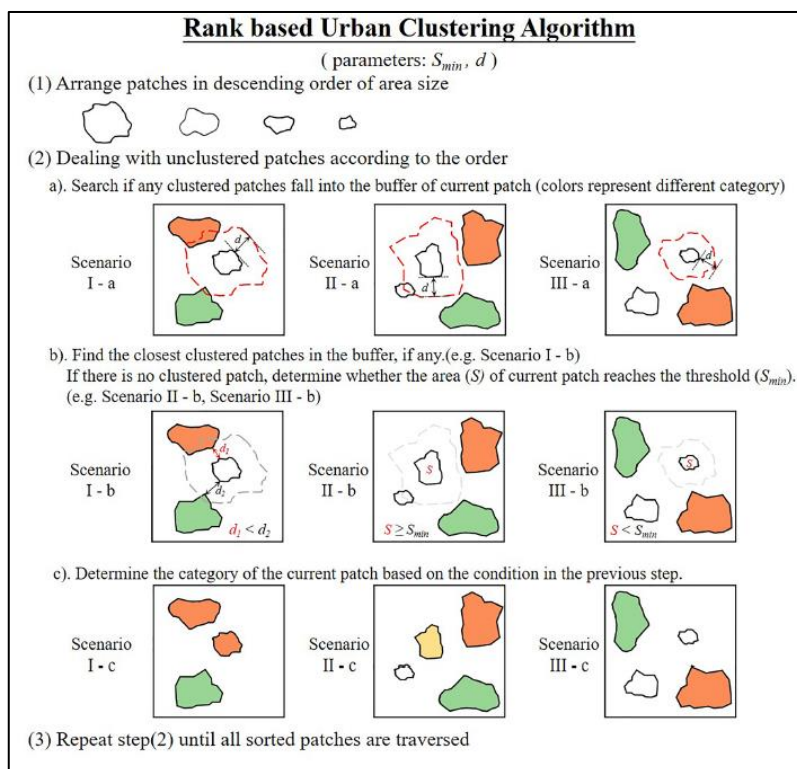


Рисунок 6 – Основной процесс алгоритма кластеризации городов на основе рангов [11, с. 5]

Инструментом пространственного анализа, предложенным авторами, который позволяет зафиксировать статус территории города является попиксельный анализ. Проверка статуса территории определяется по пороговым значениям от 1 до 0,5; от 0,5 до 0,25; от 0,25 до 0. При этом, как утверждает авторами, возможно объединить территории по буферу в кластеры как самостоятельные городские единицы с использованием алгоритма кластеризации городов на основе рангов (RUC). Считаем правильным фиксацию статуса территории на основе попиксельного анализа при исследовании крупных территориальных единиц, так как некоторая сетка пикселей позволяет ускорять процесс обработки данных и не требует скрупулезной работы. При этом следует расширить круг пороговых пофакторных значений и фиксировать их как: 1 категория – застроенная антропогенная (от 1 до 0,75); 2 категория – незастроенная антропогенная (от 0,75 до 0,5); 3 категория – застроенная природная (от 0,5 до 0,25); 4 категория – незастроенная природная (от 0,25 до 0).

Кластеризация городов на основе рангов же может позволить довольно четко выделить земельные единицы в виде земельных участков или категорий земель, что в отечественной практике еще не применялось.

Результаты и обсуждение

Все вышесказанное дает представление о необходимости разработки актуального подхода к многофакторному исследованию, в частности субурбанизированных (или пригородных) городских территорий, в целях устойчивого пространственного развития путем проведения многофакторной оценки выборочных данных с целью разработки модели пространственного развития субурбанизированных территорий.

Использование многофакторного исследования деvelopeмента городских территорий должно учитывать:

- существующий транспортно-планировочный каркас города и его составные элементы, включая локальную плотность застройки;
- социальные, культурно-бытовые, спортивные, природные и иные объекты повседневного спроса;
- инженерные сети и сооружения;
- минимизацию экологических рисков.

Изменив подход к расчету динамичности города и использованию гибкой системной сетки, следует выделить: группу антропогенных факторов, повышающих ценность территории при помощи показателя обеспеченности инженерной инфраструктурой, объектами культурно-бытового обслуживания и степени историко-культурной ценности территории (Ф-1); группу природных факторов, также повышающих ценность территории (Ф-2); антропогенные факторы, понижающие ценность территории вследствие загрязнений (Ф-3); природные факторы, понижающие ценность территории вследствие негативных почвенных явлений (Ф-4); локализационные факторы антропогенного происхождения, характеризующие максимальную доступность до объектов общегородского назначения (Ф-5); локализационные факторы природного происхождения, характеризующие доступность до природно-заповедных

территорий, крупных парков и лесопарков, рекреационных зон и местностей (Ф-б).

При подготовке адаптируемых инструментов пространственного развития каждому фактору должно быть присвоено относительное значение, как взвешенного идентификатора оценки. Для этого будет использована комплексная градостроительная ценность территории как величина, складывающаяся под влиянием антропогенных, природных и локализационных групп факторов, которая отражает реальный уровень обеспеченности и доступности благ населения в процессе комплексного развития территорий города. Данная величина во взаимосвязи с коэффициентом застроенности субурбанизированной территории даст нам возможность построения модели пространственного развития в пространстве диаграммы компонент.

Диаграмма пересечений компонент представляет собой функцию, описанную коэффициентами застроенности субурбанизированной территории (X) и соответствующими им коэффициентами комплексной градостроительной ценности территории (Y) по каждой субурбанизированной территории.

Иерархия пороговых пофакторных значений будет зафиксирована в виде величины коэффициента застроенности субурбанизированной территории: 1 категория – застроенная антропогенная (от 1 до 0,75); 2 категория – незастроенная антропогенная (от 0,75 до 0,5); 3 категория – застроенная природная (от 0,5 до 0,25); 4 категория – незастроенная природная (от 0,25 до 0). Кластеризация городов на основе рангов позволит выделить земельные участки для рассмотрения в рамках исследования с последующим построением модели пространственного развития субурбанизированных территорий.

Область применения результатов и выводы

Как результат разработки модели пространственного развития будет представлена диаграмма пересечений компонент, которая позволяет не столько выявить тенденцию развития субурбанизированных территорий с наиболее благоприятным воздействием на состояние городской среды, но и применить ее

в научных исследованиях при выявлении тенденций в развитии иных типов городских территорий.

В свою очередь, построение диапазона значений комплексной градостроительной ценности территории и застроенности субурбанизированной территории с упорядочиванием может быть использовано для корреляционно-регрессионной формы оценки каждого фактора, а также построения оценочных диаграмм в статистической практике.

По мере того как капитал все больше проникает в сельскую местность, можно предположить, что смешение городских и сельских ландшафтов будет продолжаться. Ученые-урбанисты в целом осознают, какие трудности это создает для городских исследований, и пытаются выйти за рамки традиционной дихотомии «город-село», чтобы изучить более подробные классификации в рамках многофакторных исследований деvelopeмента городских территорий.

В заключение, коллективом авторов предлагается ввести понятие «этическая урбанистика» – формирование образа качественной и осмысленной жизни, объединяющего духовную и материальную культуру человека в природно-ландшафтном подходе урбанистического и нравственного. Данное понятие соблюдает воспитательную функцию, которая отражает мировоззренческую позицию «человек-город-природа». Предполагается, что такая позиция будет способствовать повышению уровня и продолжительности жизни человека. Определяющим звеном в данной цепи занимает человек, поскольку он определяет будущее города и его воздействие на природную среду. Как итог, определение человека не только как самого себя, но и человека по отношению к городу и природной среде. Объединяющим показателем, по нашему мнению, должен стать коэффициент этики урбанистических территорий, который бы в полной мере отражал социокультурные взаимодействия в обществе, городе и окружающей среде.

Литература

1. Gao, C.; Li, S.; Sun, M.; Zhao, X.; Liu, D. Exploring the Relationship between Urban Vibrancy and Built Environment Using Multi-Source Data: Case Study in Munich. *Remote Sens.* 2024, 16, 1107.
2. Bennett, M.M.; Smith, L.C. Advances in Using Multitemporal Night-Time Lights Satellite Imagery to Detect, Estimate, and Monitor Socioeconomic Dynamics. *Remote Sens. Environ.* 2017, 192, pp. 176-197.
3. Wu, C.; Ye, X.; Ren, F.; Wan, Y.; Ning, P.; Du, Q. Spatial and Social Media Data Analytics of Housing Prices in Shenzhen, China. *PLoS ONE.* 2016, 11, e0164553.
4. Yue, Y.; Zhuang, Y.; Yeh, A.G.; Xie, J.Y.; Ma, C.L.; Li, Q.Q. Measurements of POI-Based Mixed Use and Their Relationships with Neighbourhood Vibrancy. *Int. J. Geogr. Inf. Sci.* 2017, 31, pp. 658-675.
5. Chen, L.; Zhao, L.; Xiao, Y.; Lu, Y. Investigating the Spatiotemporal Pattern between the Built Environment and Urban Vibrancy Using Big Data in Shenzhen, China. *Comput. Environ. Urban Syst.* 2022, 95, 101827.
6. Huang, H.; Yao, X.A.; Krisp, J.M.; Jiang, B. Analytics of Location-Based Big Data for Smart Cities: Opportunities, Challenges, and Future Directions. *Comput. Environ. Urban Syst.* 2021, 90, 101712.
7. Chen, Y.; Yu, B.; Shu, B.; Yang, L.; Wang, R. Exploring the Spatiotemporal Patterns and Correlates of Urban Vitality: Temporal and Spatial Heterogeneity. *Sustain. Cities Soc.* 2023, 91, 104440.
8. Портал открытых данных Министерства культуры Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://opendata.mkrf.ru/>. – Загл. с экрана. – 22, май 2024.
9. Peter Gyenizce, Gabor Pirisi, Trocsanyi Andras, Szabolcs Czigany. A multi-factor model developed on residents' opinions for the classification of urban residential areas. *ResearchGate. Article in Geografie.* 2016, 121, pp. 1-31.
10. Angel, S., Blei, A.M., Parent, J., Lamson-Hall, P., Galarza-Sanchez, N., Civco, D.L., Thom, K., 2016. Atlas of urban expansion – 2016 edition. The NYU Urbanization Project, New York, NY, USA.

11. Zhibang Xu, Limin Jiao, Ting Lan, Zhengzi Zhou, Hao Cui, Chengpeng Li, Gang Xu, Yaolin Liu. Mapping hierarchical urban boundaries for global urban settlements. ScienceDirect. International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation. 2021, 103, 102480.
12. Arino, O., Gross, D., Ranera, F., Leroy, M., Bicheron, P., Brockman, C., Defourny, P., Vancutsem, C., Achard, F., Durieux, L., Bourg, L., Latham, J., Di Gregorio, A., Witt, R., Herold, M., Sambale, J., Plummer, S., Weber, J.-L., 2007. GlobCover: ESA service for global land cover from MERIS. In: 2007 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium. Presented at the 2007 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, pp. 2412-2415.
13. He, C., Liu, Z., Gou, S., Zhang, Q., Zhang, J., Xu, L. Detecting global urban expansion over the last three decades using a fully convolutional network. Environ. Res. Lett. 2019, 14, 034008.
14. Schneider, A., Friedl, M.A., Potere, D. Mapping global urban areas using MODIS 500-m data: New methods and datasets based on 'urban ecoregions'. Remote Sens. Environ. 2010, 114, pp. 1733-1746.

References

1. Gao, C.; Li, S.; Sun, M.; Zhao, X.; Liu, D. Exploring the Relationship between Urban Vibrancy and Built Environment Using Multi-Source Data: Case Study in Munich. Remote Sens. 2024, 16, 1107.
2. Bennett, M.M.; Smith, L.C. Advances in Using Multitemporal Night-Time Lights Satellite Imagery to Detect, Estimate, and Monitor Socioeconomic Dynamics. Remote Sens. Environ. 2017, 192, pp. 176-197.
3. Wu, C.; Ye, X.; Ren, F.; Wan, Y.; Ning, P.; Du, Q. Spatial and Social Media Data Analytics of Housing Prices in Shenzhen, China. PLoS ONE. 2016, 11, e0164553.
4. Yue, Y.; Zhuang, Y.; Yeh, A.G.; Xie, J.Y.; Ma, C.L.; Li, Q.Q. Measurements of POI-Based Mixed Use and Their Relationships with Neighbourhood Vibrancy. Int. J. Geogr. Inf. Sci. 2017, 31, pp. 658-675.

5. Chen, L.; Zhao, L.; Xiao, Y.; Lu, Y. Investigating the Spatiotemporal Pattern between the Built Environment and Urban Vibrancy Using Big Data in Shenzhen, China. *Comput. Environ. Urban Syst.* 2022, 95, 101827.
6. Huang, H.; Yao, X.A.; Krisp, J.M.; Jiang, B. Analytics of Location-Based Big Data for Smart Cities: Opportunities, Challenges, and Future Directions. *Comput. Environ. Urban Syst.* 2021, 90, 101712.
7. Open Data Portal of the Ministry of Culture of Russian Federation [Electronic resource]. – Access mode: <https://opendata.mkrf.ru/>. – Extracted from the screen. – 22, May 2024.
8. Chen, Y.; Yu, B.; Shu, B.; Yang, L.; Wang, R. Exploring the Spatiotemporal Patterns and Correlates of Urban Vitality: Temporal and Spatial Heterogeneity. *Sustain. Cities Soc.* 2023, 91, 104440.
9. Peter Gyenizce, Gabor Pirisi, Trocsanyi Andras, Szabolcs Czigany. A multi-factor model developed on residents' opinions for the classification of urban residential areas. *ResearchGate. Article in Geografie.* 2016, 121, pp. 1-31.
10. Angel, S., Blei, A.M., Parent, J., Lamson-Hall, P., Galarza-Sanchez, N., Civco, D.L., Thom, K., 2016. Atlas of urban expansion – 2016 edition. The NYU Urbanization Project, New York, NY, USA.
11. Zhibang Xu, Limin Jiao, Ting Lan, Zhengzi Zhou, Hao Cui, Chengpeng Li, Gang Xu, Yaolin Liu. Mapping hierarchical urban boundaries for global urban settlements. *ScienceDirect. International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation.* 2021, 103, 102480.
12. Arino, O., Gross, D., Ranera, F., Leroy, M., Bicheron, P., Brockman, C., Defourny, P., Vancutsem, C., Achard, F., Durieux, L., Bourg, L., Latham, J., Di Gregorio, A., Witt, R., Herold, M., Sambale, J., Plummer, S., Weber, J.-L., 2007. GlobCover: ESA service for global land cover from MERIS. In: 2007 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium. Presented at the 2007 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, pp. 2412-2415.

13. He, C., Liu, Z., Gou, S., Zhang, Q., Zhang, J., Xu, L. Detecting global urban expansion over the last three decades using a fully convolutional network. *Environ. Res. Lett.* 2019, 14, 034008.
14. Schneider, A., Friedl, M.A., Potere, D. Mapping global urban areas using MODIS 500-m data: New methods and datasets based on 'urban ecoregions'. *Remote Sens. Environ.* 2010, 114, pp. 1733-1746.

© Цыпкин Ю.А., Шепелев А.Л., 2024. *International agricultural journal*, 2024, №3, 800-827.

Для цитирования: Цыпкин Ю.А., Шепелев А.Л. МНОГОФАКТОРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕВЕЛОПМЕНТА ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ. ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ//*International agricultural journal*. 2024, №3, 800-827.