



# Разработка программного модуля для проведения оценки пространственного развития земель городской агломерации

О.В. Богданова<sup>1</sup>, К.Р. Меркурьева<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия  
✉ k\_r\_merkurieva@mail.ru

**ЦИТИРОВАНИЕ** Богданова О.В., Меркурьева К.Р. Разработка программного модуля для проведения оценки пространственного развития земель городской агломерации // Известия вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». 2025. Т. 69. № 3. С. 61–73. DOI:10.30533/GiA-2025-021.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА** пространственное развитие территории, программный модуль QGIS, земли Тюменской городской агломерации, автоматизированный расчет, зонирование территории, территориальные показатели, итоговый интегральный индекс агломерации

**АННОТАЦИЯ** Статья посвящена разработке автоматизированного программного модуля для оценки пространственного развития земель городских агломераций. В тексте представлена краткая характеристика программного обеспечения QGIS, применяемого в качестве платформы для разработанного программного модуля, также выполнен обзор языка программирования и библиотек, используемых для разработки программного модуля. В статье описываются инструментарий и функциональные возможности разработанного плагина, приводятся примеры расчетов системы. Авторы предлагают производить оценку пространственного развития исследуемой территории с помощью расчета четырех интегральных индексов. Предложенный автоматизированный программный модуль проводит расчеты по выбранным показателям, учитывая развитие территориальных единиц в составе агломерации по социально-экономическим и территориальным показателям, на основе которых с помощью разработанной шкалы для интерпретации результатов выводит пользователю карту-схему зонирования выбранной территории. Функциональность и работоспособность разработанного программного модуля протестированы на примере оценки пространственного развития земель Тюменской городской агломерации. Представленная разработка позволяет проводить автоматизированную обработку загруженных групп показателей развития и отображение актуальных результатов оценки пространственного развития земель городской агломерации на текущий момент и в динамике с целью проведения комплексного анализа ситуации и последующего

принятия конструктивных управленческих решений, а также может применяться для более эффективной разработки стратегических и программных документов развития муниципальных образований.

## 1 Введение

В современных условиях агрессивного развития территории остро стоит вопрос рационального, безопасного и эффективного использования городских земель и прилегающих к ним районов. Успех и эффективность пространственного развития зависят от точности, правильности и быстроты принимаемых управленческих решений. Под пространственным развитием следует понимать процесс социально-экономического и территориального развития, который предполагает использование ресурсов и развитие отношений между территориями с целью повышения уровня жизни населения и обеспечения устойчивого развития. На сегодняшний день большую значимость имеет стратегическое управление пространственным развитием городских агломераций и системой оценки таких земель. В первую очередь это обеспечивается автоматизацией процессов оценки территорий. Автоматизация процессов оценки территории вызвана необходимостью сократить затраты времени на требуемые расчеты используемых показателей, качественно или количественно характеризующих объект исследования, а также отслеживать динамичность протекающих изменений, способных оказывать влияние на текущее развитие территории, и реализуема за счет разработки специализированного программного обеспечения на основе существующих геоинформационных систем.

Цель работы состоит в разработке автоматизированного программного модуля для оценки пространственного развития земель городских агломераций с выводом данных в виде карт-схем зонирования территории. Процесс оценки пространственного развития территории состоит из подготовительного, основного и заключительного этапов. По результатам оценки формируется итоговый индекс, характеризующий уровень пространственного развития исследуемой территории. Определение уровня развития позволит реализовать приоритеты пространственного развития путем удовлетворения выявленных потребностей территории, а также обеспечения взаимосвязки отраслевых приоритетов через документы территориального планирования. Кроме того, проведение оценки даст возможность осуществить мониторинг пространственного развития на основе репрезентативных показателей, качество и полнота анализа которых способствуют созданию и развитию цифровых автоматизированных решений управления пространственным развитием территории.

## 2 Материалы и методы

Вопросы пространственного развития территории рассматриваются в работах многих авторов. Так, в трудах А.П. Карпика особое внимание уделяется проблемам, подходам и принципам организации рационального использования земель в системе пространственного развития, в связи с чем предлагается критериальная оценка эффективности освоения территории с апробацией на формирующихся агломерациях. Кроме того, ученый совместно с В.Б. Жарниковым и Ю.С. Ларионовым приводит ряд технологических решений, оказывающих влияние на устойчивость пространственного развития в части создания интеллектуальных информационных метрических моделей территорий [1–2]. В работах А.П. Сизова и Е.Г. Черных обсуждаются наиболее значимые критерии для формирования оценочной модели текущих и прогнозируемых показателей пространственного развития, отобранных по результатам многоуровневой фильтрации.

Авторами также разработан программный комплекс для систематизации и обработки большого объема пространственных данных в целях расчета и анализа показателей пространственного развития сложноустроенного субъекта [3–6]. В.Л. Глазычев декларирует необходимость развития института пространственного развития территории через создание иерархичной системы, охватывающей муниципальные и региональные территории, для достижения эффективности пространственного развития страны в целом<sup>1</sup>. В.Н. Лексин отмечает особую роль формирования агломераций при пространственном развитии территории, подчеркивает, что следует стимулировать создание новых агломерационных связей и укреплять уже существующие<sup>2</sup>. Г.М. Лаппо в своих работах рассматривает проблему перспективного развития городов с целью дальнейшего совершенствования региональной сети, в связи с чем выделяет факторы, условия и основные направления для развития региональной сети городских поселений [7–8]. Н.Р. Камынина обращает особое внимание на значимую роль документов территориального развития для реализации процесса развития территории и его адаптации для местных нужд [9], при этом под термином «развитие территории» понимаются пространственное разрастание территории, увеличение миграционных потоков, приводящие к агломерированию.

Автоматизация оценки исследуемых территорий с точки зрения их развития освещается во многих работах. Например, Л.С. Тараненко, С.В. Тараненко предлагают разработку базы данных с целью формирования комплексной оценки сценариев социально-экономического и пространственного развития территории [10]; В.В. Бойко, А.С. Жеведь пишут о применении пространственного анализа при проведении социально-экономической оценки территории текущего и прогнозируемого периода на основе отобранных различных показателей. Авторы представляют математическую модель, позволяющую учитывать факторы, оказывающие значительное влияние на развитие исследуемой территории [11]. С.А. Атаманов в своем исследовании предлагает автоматизированную программу для размещения «объектов внимания» — неких территориальных объектов, требующих принятия определенного управленческого решения. Такая программа основана на разработанной методике, учитывающей ряд характеристик объекта, которые влияют на результаты поиска места его размещения [12]. М.О. Хитрин предлагает разработку адаптивного геопортала, в структуре которого заложены возможности по визуализации картографической информации, формирование семантических запросов как для фильтрации данных, так и для получения информации о конкретном выделенном объекте; кроме того, реализуются функции по геообработке и геопространственному анализу для решения таких задач, как выявление некорректности постановки объектов на кадастровый учет, определение обрабатываемой и необрабатываемой земли на основе данных дистанционного зондирования Земли [13]. Н.И. Бурмакина и ее соавторы представляют научные разработки в области земельно-имущественных отношений для обеспечения комплексного пространственного развития на основе совершенствования территориального планирования, землеустройства и кадастров, обосновывают роль кадастра недвижимости, землеустройства и территориального планирования в качестве фундаментальной основы пространственного развития государства [14].

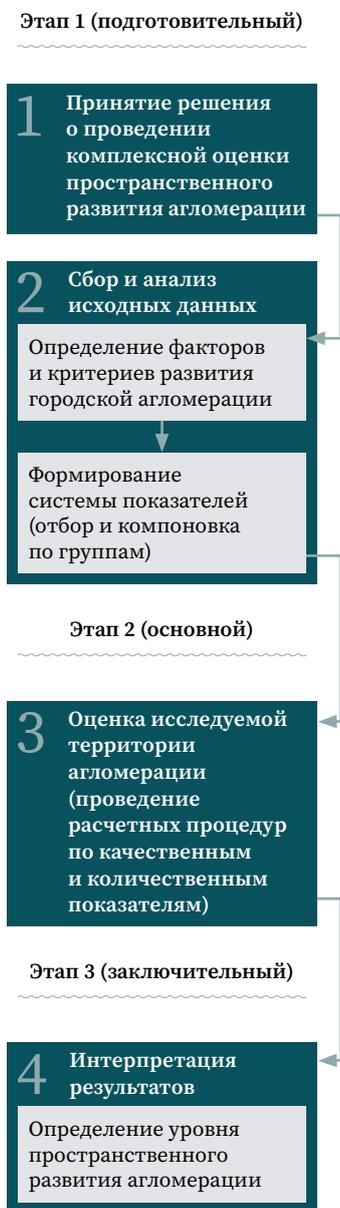
Результаты анализа научной литературы свидетельствуют о высокой необходимости автоматизации процессов обработки данных и последующей оценки пространственных данных. Рассмотренные методы и инструменты опираются в основном на ручную обработку и интерпретацию полученных данных, тем самым характеризуются высокой трудоемкостью и субъективностью результатов. Большая часть научных источников демонстрирует неэффективность традиционных подходов в работе с большими объемами современных данных,

1 Глазычев В.Л., Щедровицкий П.Г. Россия: принципы пространственного развития. М.: ЦСИ ПФО, 2004. 86 с.

2 Лексин В.Н. Городские агломерации и система расселения: надежды и опасения // Мир городов. 2011. № 2. С. 39–44.

**Рис. 1**   
Технологическая схема оценки уровня пространственного развития городской агломерации

**Fig. 1**  
Technological scheme for assessing the level of spatial development of an urban agglomeration



что приводит к потере времени и задержкам в принятии решений, снижая эффективность планирования. Для преодоления выявленных ограничений и повышения объективности оценки пространственного развития территории необходим переход к автоматизированным методам, который реализуется через разработку специализированного программного обеспечения.

Таким образом, с учетом потребности в эффективных и масштабируемых инструментах анализа пространственных данных для разработки программного модуля оценки пространственного развития земель городских агломераций был выбран язык программирования Python. К основным преимуществам выбранного языка программирования следует отнести: принадлежность языка к классу высокоуровневых, автоматизацию процессов управления памятью, строгую типизацию, обладающую определенной динамикой. Кроме того, применяя данный язык программирования, пользователь обеспечивает свою разработку повышенной производительностью, формирует быстрое считывание кодировок, что влияет на их качество, а также предоставляет возможность обмена разрабатываемым программным обеспечением в виде переноса на аналогичные системы, использующие тот же язык программирования. Важной особенностью данного языка является его универсальность, за счет его совместимости в него можно внедрять различные библиотеки и фреймворки [10]. Для разработки графического интерфейса на языке Python использовалась библиотека PyQt5. В свою очередь, для работы с данными на языке Python применялась библиотека Pandas.

Разработанное программное обеспечение базируется на QGIS — геоинформационной системе (ГИС) с открытым кодом. Таким образом, она является бесплатной, т. е. свободно распространяемой, программой, скачать которую можно с официального сайта. Кроме того, система работает на большом количестве платформ (например, Unix, Windows и macOS), что является ее преимуществом. Она быстра в работе, обладает простым интерфейсом и понятна в использовании [10].

Для получения исправно функционирующего программного модуля в разработке применялись данные из открытых источников, сформированные в базу данных показателей модуля.

### 3 Результаты и обсуждение

Процесс оценки уровня пространственного развития земель городской агломерации автоматизирован путем разработки программного модуля в виде плагина «Оценка уровня пространственного развития агломерации». Процессы расчета и получения результирующих данных основаны на разработанной методике оценки пространственного развития городской агломерации (рис. 1).

Разработанный программный модуль внедряется в ГИС посредством установки плагина. В качестве топографической основы используется фрагмент карты Тюменской области с оцифрованными границами муниципальных образований, в числе которых городской округ город Тюмень, городской округ город Ялуторовск, Тюменский муниципальный район, Нижнетавдинский муниципальный район, Исетский муниципальный район, Яркровский муниципальный район, Ялуторовский муниципальный район (далее — земли городской агломерации). Территория выбрана как потенциально приемлемая для развития земель городской агломерации. Совокупность оцифрованных границ муниципальных образований создает границу земель Тюменской агломерации в виде отдельного тематического слоя.

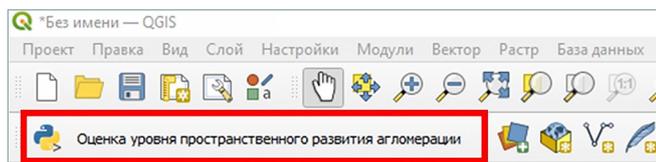
В плагин загружена атрибутивная база данных показателей пространственного развития территории, состоящая из группы социально-экономических показателей и территориальных показателей. На основе загруженных данных разработанное программное обеспечение осуществляет расчет основных

**Рис. 2**

Фрагмент панели инструментов с клавишей для вызова плагина «Оценка уровня пространственного развития агломерации»

**Fig. 2**

A fragment of the toolbar with a key for calling the plugin “Assessment of the level of spatial development of an agglomeration”

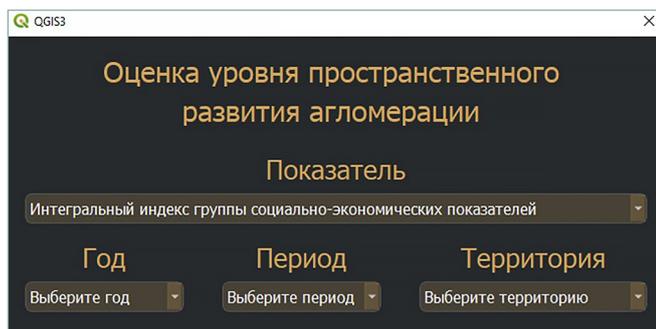


**Рис. 3**

Панель управления плагином «Оценка уровня пространственного развития агломерации»

**Fig. 3**

Control panel of the plugin “Assessment of the level of spatial development of the agglomeration”



индексов, сводящихся в итоговый индекс, по которому определяется уровень пространственного развития агломерации.

Вызов плагина для оценки уровня пространственного развития агломерации осуществляется через основную панель инструментов QGIS (рис. 2).

Панель управления плагином представлена простым и понятным для пользователя интерфейсом. Для заполнения предложено четыре поля: «Показатель», «Год», «Период» и «Территория» (рис. 3).

В функциональные возможности плагина заложена оценка земель в границах всей агломерации, а также входящих в состав городской агломерации земель муниципальных образований по отдельности. Оценка возможна по четырем индексам, выбор которых осуществляется путем активации поля «Показатель»:

- интегральный индекс группы социально-экономических показателей;
- интегральный индекс группы территориальных показателей;
- итоговый интегральный индекс муниципальных образований;
- итоговый интегральный индекс агломерации.

При помощи заполнения граф «Год» и «Период» пользователь может получить информацию о показателях пространственного развития для земель всей агломерации или ее отдельных частей в конкретный момент времени либо за 5 лет.

По результатам заполнения соответствующих полей диалогового окна плагина программный модуль выполняет соответствующие расчеты и выводит на экран пользователя картографическое изображение исследуемой территории, разграниченное в соответствии с разработанной цветовой шкалой.

В алгоритм плагина закладываются математические формулы, на основе которых производятся расчеты нормированных показателей, необходимых для оценки пространственного развития (1), (2). Затем с применением весовых коэффициентов определяется итоговый показатель для каждой группы показателей (3), после этого все комбинируется в итоговый интегральный индекс для каждого муниципального образования, входящего в агломерацию (4). Суммарное значение таких индексов составляет итоговый интегральный индекс для оценки пространственного развития территории.

**1**

$$НП_n^j = \frac{p_{max} - p_n}{p_{max} - p_{min}},$$

**2**

$$НП_n^j = \frac{p_n - p_{min}}{p_{max} - p_{min}},$$

где  $НП_n^j$  — нормированный показатель по каждому показателю  $n$  группы факторов каждого муниципального образования  $j$  в составе агломерации;

$p_n$  — значение каждого показателя по выделенным группам  $n$ ;

$p_{min}, p_{max}$  — минимальные и максимальные значения по каждому показателю группы  $n$ .

**3**

$$ИП_p^j = НП_n^j \times k_i,$$

где  $ИП_p^j$  — итоговый показатель группы показателей для муниципального образования  $j$  в составе агломерации;

$НП_n^j$  — нормированный показатель по каждому показателю  $n$  группы факторов каждого муниципального образования  $j$  в составе агломерации;

$k_i$  — коэффициент значимости показателя.

$$ИИ^j = I_p^j + I_z^j,$$

где  $ИИ^j$  – итоговый интегральный индекс муниципального образования  $j$  в составе агломерации;

$I_p^j$  – интегральный индекс социально-экономической группы показателей;

$I_z^j$  – интегральный индекс территориальной группы показателей.

Используя представленную шкалу, пользователь способен определить диапазон цифровых значений выбранного индекса и с помощью табл. 1 и 2 интерпретировать уровень пространственного развития выбранной территории.

**Таблица 1**

Шкала интерпретации цифровых диапазонов индексов социально-экономического и территориального развития

**Table 1**

Interpretation scale of digital ranges of indices of socio-economic and territorial development

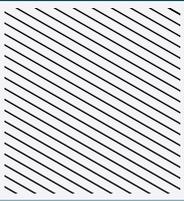
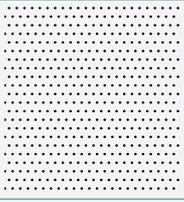
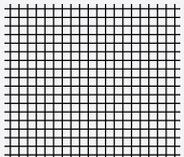
		Диапазон значений интегрального индекса группы показателей	Уровень показателей	Состояние показателей
Уровень развития территории	Развивающаяся	0–0,058	Абсолютно низкий	Кризисное
		0,059–0,10	Низкий	Депрессивное
		0,11–0,32	Средний	Стабильное
		0,33–0,48	Уровень экспансии (подъема)	Высокие значения
		0,49–0,74	Высокий	Устойчиво высокое
	Развитая	0,75–0,81	Абсолютно низкий	Кризисное
		0,82–0,86	Низкий	Депрессивное
		0,87–1,07	Средний	Стабильное
		1,08–1,23	Уровень экспансии (подъема)	Высокие значения
		1,24–1,48	Высокий	Устойчиво высокое
	Высокоразвитая	1,49–1,57	Абсолютно низкий	Кризисное
		1,58–1,61	Низкий	Депрессивное
		1,62–1,74	Средний	Стабильное
		1,75–1,80	Уровень экспансии (подъема)	Высокие значения
		1,81–2	Высокий	Устойчиво высокое

**Таблица 2**

Шкала интерпретации цифровых диапазонов индекса пространственного развития агломерации

**Table 2**

Interpretation scale of digital ranges of the index of spatial development of agglomeration

Значение итогового интегрального индекса агломерации $ИИ_{агл}$	Положение агломерации согласно уровню пространственного развития	Характеристика
 0–0,74	Развивающаяся	Происходит стадия формирования агломерации (определения ядра и периферии), когда создаются общие рынки, налаживаются связи, при этом наблюдается нестабильность пространственного развития территории
 0,75–1,48	Развитая	Завершение стадии формирования агломерации и ее преобразование в точку роста, при этом устанавливается взаимосвязь социально-экономических и территориальных показателей, уровень пространственного развития территории повышается
 1,49–2	Высокоразвитая	Отражение статуса агломерации как ключевого элемента пространственного развития, что ведет к росту общих рынков и возможным проявлениям межагломерационных связей

**Рис. 4**

Карта-схема зонирования территории Тюменской агломерации по результатам расчета интегрального индекса группы социально-экономических показателей за 2016 г.

**Fig. 4**

Map-scheme of zoning of the territory of the Tyumen agglomeration based on the results of calculating the Integral Index of the group of socio-economic indicators for 2016



**Условные обозначения**

Интегральный индекс группы социально-экономических показателей

0–0,058 (абсолютно низкий уровень)

0,059–0,10 (низкий уровень)

**Рис. 5**

Карта-схема зонирования территории Тюменской агломерации по результатам расчета интегрального индекса группы территориальных показателей за 2016 г.

**Fig. 5**

Map-scheme of zoning of the territory of the Tyumen agglomeration based on the results of calculating the Integral Index of the group of territorial indicators for 2016



**Условные обозначения**

Интегральный индекс группы территориальных показателей

0–0,058 (абсолютно низкий уровень)

0,059–0,10 (низкий уровень)

На рис. 4–8 отражены результаты автоматизированных расчетов соответствующих индексов через разработанный программный модуль, полученные в виде карт-схем зонирования земель в границах агломерации на примере земель Тюменской городской агломерации для 2016 года.

Согласно данным, представленным на рис. 4, социально-экономические показатели городского округа г. Тюмень соответствуют низкому уровню, остальные территориальные единицы городской агломерации по тем же показателям находятся на абсолютно низком уровне. Данные результаты вполне объяснимы, поскольку городской округ г. Тюмень является ядром исследуемой Тюменской городской агломерации, ядро — это центр притяжения, как правило, выделяющийся наибольшими значениями социально-экономических показателей, что подтверждается полученными результатами расчета модуля.

На основе данных, представленных на рис. 5, можно сделать вывод о соответствии показателей территориальной группы для Нижнетавдинского, Яркковского и Исетского муниципальных районов и городского округа г. Ялуторовск низкому уровню. Эти же показатели для земель в границах городского округа г. Тюмень, Тюменского и Ялуторовского районов соответствуют абсолютно низкому уровню — кризисному состоянию. Такой результат свидетельствует о том, что показатели развития территории в территориальном аспекте будут занижены в густонаселенных территориальных единицах агломерации, а также в муниципальных образованиях, обладающих малой протяженностью транспортной сети, но при этом имеющих высокую нагрузку на существующую транспортную сеть.

В результате расчетов промежуточных индексов оценки пространственного развития территории программный модуль сводит их в итоговый интегральный индекс агломерации:

$$5 \quad \text{III}_{агл} = \sum_{k=1}^j \text{III}_k^j,$$

где  $\text{III}_{агл}$  — итоговый интегральный индекс агломерации;

$\text{III}_k^j$  — итоговый интегральный индекс муниципального образования  $j$  в составе агломерации.

Результаты вычисленных итоговых интегральных индексов в динамике за 5 лет представлены в табл. 3.

По картам-схемам зонирования, представленным на рис. 6–8, видно, что агломерация является развивающейся (итоговый интегральный индекс пространственного развития городской агломерации попадает в диапазон значений от 0 до 0,74, что соответствует начальному положению). Поскольку результаты расчетов интегральных индексов группы социально-экономических показателей и группы территориальных показателей попадали в диапазоны критических или низких значений, общий индекс пространственного развития для всей агломерации также соответствует низкому значению.

**Таблица 3** ▼

Расчетные значения итоговых интегральных индексов 2017–2022 гг.

**Table 3**

Calculated values of the final integral indexes 2017–2022

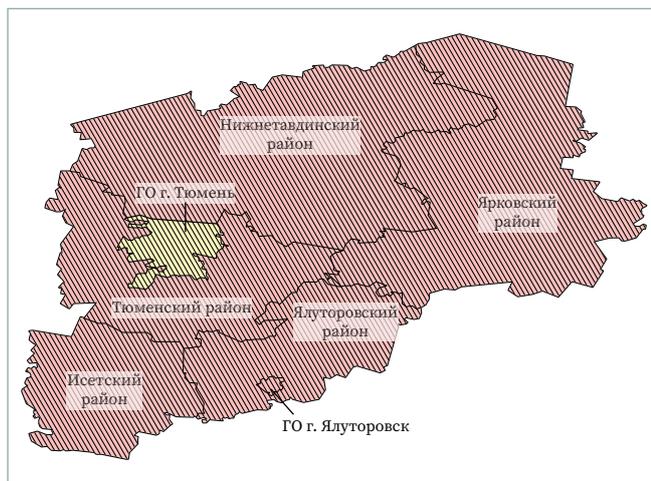
Территориальное образование	Годы					
	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Исетский муниципальный район	0,07	0,07	0,07	0,06	0,07	0,07
Нижнетавдинский муниципальный район	0,07	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05
Тюменский муниципальный район	0,12	0,10	0,09	0,10	0,08	0,10
Ялуторовский муниципальный район	0,06	0,06	0,07	0,08	0,08	0,08
Ярковский муниципальный район	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
г. Тюмень	0,19	0,18	0,17	0,17	0,18	0,17
г. Ялуторовск	0,14	0,14	0,15	0,22	0,14	0,12
Тюменская городская агломерация	0,69	0,66	0,66	0,73	0,64	0,61

**Рис. 7** ▼

Карта-схема зонирования территории Тюменской агломерации по результатам расчета итогового интегрального индекса агломерации с наложением на зонирование территории на основе рассчитанного интегрального индекса группы социально-экономических показателей за 2016 г.

**Fig. 7**

Map-scheme of zoning of the territory of the Tyumen agglomeration based on the results of calculating the final integral index of the agglomeration with overlay on the zoning of the territory based on the calculated integral index of the socio-economic group for 2016



**Условные обозначения**

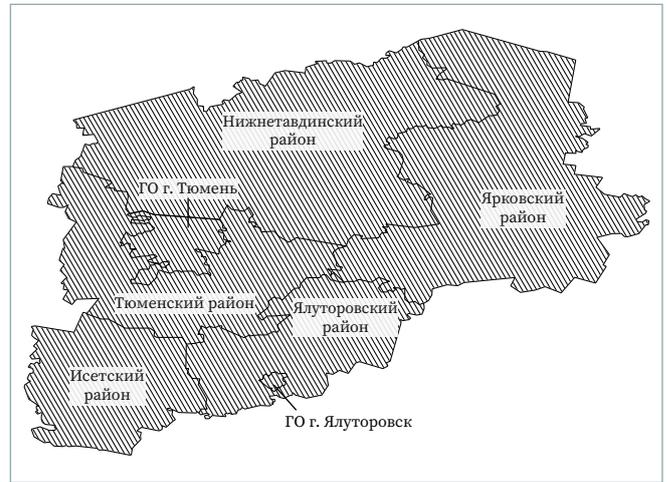
- Интегральный индекс группы социально-экономических показателей
- 0–0,058 (абсолютно низкий уровень)
- 0,059–0,10 (низкий уровень)
- Итоговый интегральный индекс агломерации
- 0–0,74

**Рис. 6** ▼

Карта-схема зонирования территории Тюменской агломерации по результатам расчета итогового интегрального индекса агломерации за 2016 г.

**Fig. 6**

Map-scheme of zoning of the territory of the Tyumen agglomeration based on the results of calculating the Final Integral Index of the agglomeration for 2016



**Условные обозначения**

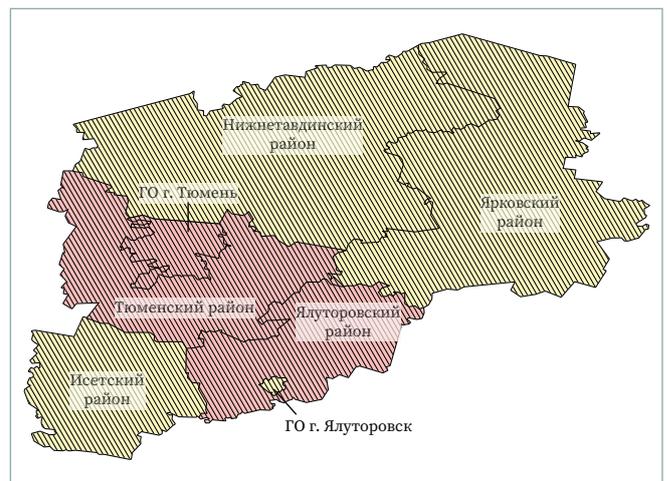
- Итоговый интегральный индекс агломерации
- 0–0,74

**Рис. 8** ▼

Карта-схема зонирования территории Тюменской агломерации по результатам расчета итогового интегрального индекса агломерации с наложением на зонирование территории на основе рассчитанного интегрального индекса группы территориальных показателей за 2016 г.

**Fig. 8**

Map-scheme of zoning of the territory of the Tyumen agglomeration based on the results of calculating the final integral index of the agglomeration with overlay on the zoning of the territory based on the calculated integral index of the group of territorial indicators for 2016



**Условные обозначения**

- Интегральный индекс группы территориальных показателей
- 0–0,058 (абсолютно низкий уровень)
- 0,059–0,10 (низкий уровень)
- Итоговый интегральный индекс агломерации
- 0–0,74

## 4 Выводы

В исследовании отражены результаты разработки автоматизированного программного модуля в целях проведения оценки пространственного развития земель городской агломерации. Разработанный программный модуль обеспечивает автоматизированную обработку загруженных групп показателей развития и отображение актуальных результатов оценки пространственного развития земель городской агломерации на текущий момент и в динамике для проведения комплексного анализа ситуации и последующего принятия эффективных управленческих решений. В связи с этим данный программный модуль оценки может найти практическое применение во внедрении его как раздела в информационную систему обеспечения градостроительной деятельности. Полученные результаты оценки пространственного развития земель городских агломераций способствуют более эффективной разработке стратегических и программных документов развития муниципальных образований. Работоспособность и функциональность разработанного программного модуля апробированы на примере Тюменской городской агломерации.

### БИБЛИОГРАФИЯ

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. Карпик А.П., Жарников В.Б., Ларионов Ю.С. Рациональное землепользование в системе современного пространственного развития страны, его основные принципы и механизмы // Вестник СГУГиТ. 2019. Т. 24. № 4. С. 232–246. DOI:10.33764/2411-1759-2019-24-4-232-246.
3. Черных Е.Г., Сизов А.П., Филимонова Л.А. Формирование системы многоступенчатой оценки показателей пространственного развития территории, отражающей специфику сложноустроенного субъекта (на примере Тюменской области) // Известия вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». 2020. Т. 64. № 3. С. 320–329. DOI:10.30533/0536-101X-2020-64-3-320-329.
4. Черных Е.Г., Сизов А.П. Разработка программного обеспечения для анализа показателей пространственного развития территории // Пространственные данные: наука и технологии. 2021. № 12. С. 210–221. DOI:10.30533/scidata-2021-12-210-221.
5. Черных Е.Г., Сизов А.П. Разработка программного обеспечения для анализа показателей пространственного развития территории сложноустроенного субъекта // International agricultural journal. 2021. № 1. С. 239–256.
6. Черных Е.Г., Меркурьева К.Р. Разработка программного модуля для оценки пространственного развития территории субъекта Российской Федерации // Геодезия и картография. 2023. Т. 84. № 8. С. 49–56. DOI:10.22389/0016-7126-2023-998-8-49-56.
7. Лаппо Г.М. Методика исследования региональных систем городских поселений // Региональные исследования. 2023. № 2(80). С. 5–11. DOI:10.5922/1994-5280-2023-2-1.
8. Лаппо Г.М., Полян П.М., Селиванова Т. В. Агломерации России в XXI веке // Вестник Фонда регионального развития Иркутской области. 2014. № 1. С. 45–52.
9. Камынина Н.Р. Планирование и развитие городских территорий // Вестник СГУГиТ. 2016. Т. 4. № 36. С. 184–190.
10. Тараненко Л.С., Тараненко С.В. Разработка модуля для комплексной оценки сценариев социально-экономического и пространственного развития территорий // Сборник материалов XIX Международного научного конгресса «Интерэкспо ГЕО-Сибирь»: в 8 т. Новосибирск: СГУГиТ, 2023. Т. 7. № 2. С. 75–81.
11. Бойко В.В., Жеведь А.С. Применение методов пространственного анализа при проведении социально-экономической оценки региона // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Геоинформационные технологии и космический мониторинг. 2019. № 4. С. 18–24. DOI:10.23885/2500-123X-2019-2-4-18-24.

12. Атаманов С.А. Разработка методики автоматизации решения задач оперативного управления территорией: дис. ... канд. техн. наук. М., 2008. 122 с.
13. Хитрин М.О. Создание адаптивного геоаналитического портала управления территориями на основе методики многоступенчатого выбора открытых компонентов: дис. ... канд. техн. наук. Челябинск, 2017. 131 с.
14. Бурмакина Н.И., Илюшин А.В., Илюшина Т.В. и др. Информационные ресурсы государственного кадастра недвижимости и территориального планирования в пространственном развитии государства: монография / под общ. ред. А.П. Сизова. М.: Русайнс, 2016. 86 с.

**АВТОРЫ** **Богданова Ольга Викторовна**

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия  
кафедра геодезии и кадастровой деятельности,  
Институт сервиса и отраслевого управления  
д-р экон. наук, доцент  
 0000-0003-3643-0179

**Меркурьева Кристина Рудольфовна**

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия  
кафедра геодезии и кадастровой деятельности,  
Институт сервиса и отраслевого управления  
 0000-0001-6650-9107

Поступила 24.02.2025. Принята к публикации 23.06.2025. Опубликована 30.06.2025.



# Development of a software module for conducting an assessment of the spatial development of lands in an urban agglomeration

**Olga V. Bogdanova<sup>1</sup>, Kristina R. Merkurieva<sup>1</sup>** 

<sup>1</sup> Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia  
 k\_r\_merkurieva@mail.ru

**CITATION** Bogdanova OV, Merkurieva KR. Development of a software module for conducting an assessment of the spatial development of lands in an urban agglomeration. *Izvestia vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying*. 2025;69(3): 61–73. DOI:10.30533/GiA-2025-021.

**KEYWORDS** spatial development of the territory, QGIS software module, lands of the Tyumen urban agglomeration, automated calculation, zoning of the territory, territorial indicators, final integral index of agglomeration

**ABSTRACT** The article is devoted to the development of an automated software module for assessing the spatial development of lands in urban agglomerations. The authors provide a brief description of the QGIS software used as a platform for the developed software module, and also provide an overview of the programming language and libraries used to develop the software module. The article describes the tools of the developed plug-in, its functionality, and provides examples of system calculations. The authors propose to assess the spatial development of the studied territory by calculating four integral indices. The proposed automated software module performs calculations based on the selected indicators, taking into account the development of territorial units within the agglomeration by socio-economic and territorial indicators, on the basis of which, using the developed scale for interpreting the results, it displays a zoning map of the selected territory to the user. The functionality and performance of the developed software module were tested using the example of assessing the spatial development of lands in the Tyumen urban agglomeration. The authors' development allows for automated processing of loaded groups of development indicators and display of current results of the assessment of spatial development of lands of the urban agglomeration at the current moment and in dynamics in order to conduct a comprehensive analysis of the situation and subsequent adoption of effective management decisions, and can also be used for more effective development of strategic and program documents for the development of municipalities.

- REFERENCES**
1. Karpik AP, Musikhin IA, Vetoshkin DN. Intellektual'nye informacionnye modeli territorij kak jeffektivnyj instrument prostranstvennogo i jekonomicheskogo razvitija [Intelligent information models of territories as an effective tool for spatial and economic development]. *Vestnik SSUGT*. 2021;26(2): 155–163. (In Russian). DOI:10.33764/2411-1759-2021-26-2-155-163.
  2. Karpik AP, Zharnikov VB, Larionov YuS. Racional'noe zemlepol'zovanie v sisteme sovremennogo prostranstvennogo razvitija strany, ego osnovnye principy i mehanizmy [Rational land use in the system of modern spatial development of the country, its basic principles and mechanisms]. *Vestnik SSUGT*. 2019;24(4): 232–246. (In Russian). DOI:10.33764/2411-1759-2019-24-4-232-246.
  3. Chernykh EG, Sizov AP, Filimonova LA. Formirovanie sistemy mnogostupenchatoj ocenki pokazatelej prostranstvennogo razvitija territorii, otrazhajushhej specifiku slozhnostroennogo sub'ekta (na primere Tjumenskoj oblasti) [Formation of a system of multi-stage assessment of indicators of spatial development of a territory, reflecting the specifics of a complex subject (using the example of the Tyumen region)]. *Izvestia vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying*. 2020;64(3): 320–329. (In Russian). DOI:10.30533/0536-101X-2020-64-3-320-329.
  4. Chernykh EG, Sizov AP. Razrabotka programmnoho obespechenija dlja analiza pokazatelej prostranstvennogo razvitija territorii [Development of software for analyzing indicators of spatial development of the territory]. *Spatial data: science and technology*. 2021;12: 210–221. (In Russian). DOI:10.30533/scidata-2021-12-210-221.
  5. Chernykh EG, Sizov AP. Razrabotka programmnoho obespechenija dlja analiza pokazatelej prostranstvennogo razvitija territorii slozhnostroennogo sub'ekta [Development of software for the analysis of spatial development indicators of the territory of a complex entity]. *International agricultural journal*. 2021;1: 239–256. (In Russian).
  6. Chernykh EG, Merkurieva KR. Razrabotka programmnoho modulja dlja ocenki prostranstvennogo razvitija territorii sub'ekta Rossijskoj Federacii [Development of a software module for assessing the spatial development of the territory of a constituent entity of the Russian Federation]. *Geodesy and Cartography*. 2023;84(8): 49–56. (In Russian). DOI:10.22389/0016-7126-2023-998-8-49-56.
  7. Lappo GM. Metodika issledovanija regional'nyh sistem gorodskih poselenij [Methodology for studying regional systems of urban settlements]. *Regional studies*. 2023;2(80): 5–11. (In Russian). DOI:10.5922/1994-5280-2023-2-1.
  8. Lappo GM, Polyan PM, Selivanova TV. Aglomeracii Rossii v XXI veke [Agglomerations of Russia in the XXI century]. *Bulletin of the Regional Development Fund of the Irkutsk Region*. 2014;1: 45–52. (In Russian).
  9. Kamynina NR. Planirovanie i razvitie gorodskih territorij [Planning and development of urban areas]. *Vestnik SSUGT*. 2016;4(36): 184–190. (In Russian).
  10. Taranenko LS, Taranenko SV. Razrabotka modulja dlja kompleksnoj ocenki scenarijev social'no-jekonomicheskogo i prostranstvennogo razvitija territorij [Development of a module for a comprehensive assessment of scenarios of socio-economic and spatial development of territories]. *Interexpo GEO-Siberia. Proceedings of XIX International scientific congress*. In 8 vols. Novosibirsk: SSUGT; 2023;7(2): 75–81. (In Russian).
  11. Boyko VV, Zheved AS. Primenenie metodov prostranstvennogo analiza pri provedenii social'no-jekonomicheskoi ocenki regiona [Application of spatial analysis methods in conducting a socio-economic assessment of a region]. *Ecology. Economics. Informatics. Series: Geoinformation technologies and space monitoring*. 2019;4: 18–24. (In Russian). DOI:10.23885/2500-123X-2019-2-4-18-24.
  12. Atamanov SA. *Razrabotka metodiki avtomatizacii reshenija zadach operativnogo upravlenija territoriej* [Development of a methodology for automating the solution of problems of operational management of a territory] [dissertation]. Moscow; 2008. 122 p. (In Russian).
  13. Khitrin MO. *Sozdanie adaptivnogo geoanaliticheskogo portala upravlenija territorijami na osnove metodiki mnogostupenchatogo vybora otkrytyh komponentov* [Creation of an adaptive geoanalytical portal for territorial management based on the methodology of multi-stage selection of open components] [dissertation]. Chelyabinsk; 2017. 131 p. (In Russian).

14. Burmakina NI, Ilyushin AV, Ilyushina TV, et al. *Informacionnye resursy gosudarstvennogo kadastra nedvizhimosti i territorial'nogo planirovaniya v prostranstvennom razvitii gosudarstva* [Information resources of the state real estate cadastre and territorial planning in the spatial development of the state] [monograph]. Moscow: Rusains; 2016. 86 p. (In Russian).

**AUTHORS** **Olga V. Bogdanova**

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia  
Department of Geodesy and Cadastral Activity,  
Institute of Service and Industry Management  
Dr. of Sci. (Economics), Associate Professor  
 0000-0003-3643-0179

**Kristina R. Merkurieva**

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia  
Department of Geodesy and Cadastral Activity,  
Institute of Service and Industry Management  
 0000-0001-6650-9107

Submitted: February 24, 2025. Accepted: June 23, 2025. Published: June 30, 2025.