



## Мониторинг и оценка качества урбанизированных территорий на основе методов нейросетевого моделирования и ГИС

О.Н. Попова <sup>1\*</sup>, Ю.М. Глебова <sup>2</sup>,

<sup>1-2</sup> Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова, 163002, г. Архангельск, набережная Северной Двины, 17

### ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

doi: 10.18720/CUBS.62.4

### ИСТОРИЯ

Подана в редакцию: 14.10.2017

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

мониторинг городской застройки;  
городские кварталы;  
нейросетевое моделирование;  
геоинформационные технологии;  
самоорганизующиеся карты;  
ГИС;  
SOM;

### АННОТАЦИЯ

В статье проведено исследование структуры и предложена система характеристик территории городской застройки на основе отраслевой принадлежности городского хозяйства. Авторами разработан алгоритм оценки качества территории городской застройки. Приведены результаты исследования на примере центральных микрорайонов города Архангельск. Структурный анализ с использованием SOM объединил отдельные кварталы г. Архангельск в 5 групп с высоким уровнем сходства характеристик: «Коммерческие», «Перспективного комплексного развития», «Устойчивого развития», «Перспективного обновления жилой застройки», «Инвестиционно-непривлекательные». Определены типовые стратегии развития для каждой группы кварталов. Использование ГИС позволило визуально отразить состояние и оценить качество территорий по совокупности всех параметров, а также оценить качество кварталов по отдельным отраслям. Предложенный метод является универсальным. Он дает возможность варьировать перечнем и совокупностью характеристик. Возможно применять метод для мониторинга и оценки различных территорий вне зависимости от их геолокации и масштаба, а также адаптировать методику для мониторинга различных процессов, протекающих на урбанизированных территориях. «Быстрая» работа алгоритмов позволяет ускорить процесс планирования, вносить корректировки в программы воспроизводства городских территорий в режиме реального времени, сократить затраты времени и ресурсов на мониторинг и анализ данных. Применение предлагаемых методов является механизмом формирования долгосрочной градостроительной стратегии развития территории городской застройки, позволяет осуществлять планирование воспроизводственных мероприятий с учетом их инвестиционной и социальной эффективности.

### Содержание

1.	Введение	48
2.	Методика	48
3.	Результаты и обсуждение	49
4.	Заключение	54

#### Контактная информация:

- 1 \* +79115705964, oly-popova@yandex.ru (Попова Ольга Николаевна, к.т.н., заведующая кафедрой)  
2 +79626652682, glebovaulia@yandex.ru (Глебова Юлия Михайловна, старший преподаватель)

## 1. Введение

Вопросам комплексного воспроизводства, реконструкции и обновления территорий городской застройки посвящены работы многих авторов [1–5 и др.]. Однако, в настоящий момент мероприятия по планированию воспроизводства часто носят фрагментарный характер без системно-структурной взаимосвязи между собой. Большая часть работ сконцентрирована на вопросах обновления жилищного фонда города [2,4,6,7], а также на организационно-технологическом управлении воспроизводственными мероприятиями (включая новое строительство, реконструкцию, капитальный и текущий ремонт). Отдельные работы рассматривают тему воспроизводства городской застройки более узко, например, относительно отдельных видов территорий (исторические, промышленные кварталы города) [5,8], либо развитие отдельных сфер городского пространства [9,10,11]. Широкому обсуждению в работах подвергаются современные нормы градостроительного планирования [12,13,14]. Одним из наиболее существенных факторов, ограничивающих эффективность управления воспроизводством объектов недвижимости, является недостаточность его мониторингового обеспечения.

Совокупность свойств местности (в границах территории) характеризуется иерархичностью составляющих и вместе с тем целостностью этого объекта как единой системы [15]. Иерархичность составляющих городской территории заключается в возможности многоуровневого представления ее структур. Поэтому мониторинг и оценка качества урбанизированных территорий должны в совокупности учитывать все ее характеристики (качественные и количественные). А поскольку основной характеристикой территории является ее местоположение, то и оценочные показатели качества должны быть жестко привязаны к геоснове.

На сегодняшний день существует достаточно большое число подходов к оценке развития территорий. Однако, значительная их часть направлена на исследование социально-экономического развития регионов [16]. Помимо региональных рейтингов, предпринимаются множественные попытки разработать и муниципальные рейтинги территорий, характеризующие социально-экономическое положение городов и районов областей [4,6,7,18,19,20], которые служат для сопоставления (рейтингования) различных муниципальных образований. Методик, оценивающих и сопоставляющих качество территорий в границах одного городского поселения, крайне мало [3,12,21]. В этих работах в основном описываются общетеоретические аспекты градостроительного развития или организационно-технологический алгоритм мониторинга. Тем не менее, существует различные исследования, посвященные отдельным отраслям городского хозяйства, например, мониторинг жилищного фонда [2,6,7,22,23], мониторинг транспортного комплекса [11,24], энергоемкости города [25].

Большинство существующих методик оценки качества территории направлены на расчет итогового интегрального показателя качества со сложной внутренней структурой составляющих, высокой степенью субъективизма оценок, отсутствием оптимального значения показателя и понятных рычагов воздействия на его изменение [3,12,16,17,18,19,22,26 и др.].

В то же время накопленный в сфере управления опыт построения информационно-аналитических систем позволяет приступить к разрешению противоречия между потребностью в оптимизации систем мониторинга и недостаточной разработанностью теоретико-технологического механизма, обеспечивающего выполнение этой управленческой задачи. А применение геоинформационных технологий, которые все чаще используются для осуществления мониторинга [10, 27], позволяет формализовать и визуализировать базы данных многомерных параметров с послойной привязкой к геоснове.

Целью работы является разработка методики мониторинга и оценка качества урбанизированных территорий. Работа направлена на решение задачи адаптации методов нейросетевого моделирования и геоинформационных технологий для построения интеллектуальной системы мониторинга, диспетчеризации и эффективного организационно-технического управления территорией городской застройки.

## 2. Методика

В рамках работы решается задача проектирования интеллектуальной системы оперативного управления и мониторинга городской застройки на основе структурного анализа и визуализации данных.

### 2.1 Структурный анализ качества территорий городской застройки

Территория урбанизированной застройки представляет собой сложную систему и обладает совокупностью характеристик, входящих в нее объектов.

Совокупность отраслей городского хозяйства имеют общую задачу – обслуживать потребности населения города. Поэтому уровень развития отраслей городского хозяйства зависит от численности населения, характера его расселения и отражает качество территории городской застройки.

В настоящем исследовании произведён анализ характеристик городской застройки на основе отраслевой принадлежности городского хозяйства, включающей: жилищно-коммунальный комплекс; транспортный комплекс; комплекс потребительского рынка; строительный комплекс; социальный комплекс; комплекс служб, обеспечивающих общественную безопасность на территории муниципального образования; системы управления, связи, информации и другие организации, обслуживающие городские нужды.

Каждая отрасль городского хозяйства не может быть охарактеризована каким-либо одним параметром. Она представляет собой сложную иерархическую систему параметров (характеристик) и может быть описана с различной степенью детализации. Территории города имеют различные качественные и количественные показатели по каждой характеристике. В рамках исследования за территориальную единицу городской застройки принимается квартал. Совокупная оценка всех показателей характеристик формирует общую оценку качества единицы территории города (квартала).

Структурный анализ многомерных характеристик городской застройки производится путем кластеризации исследуемых объектов (кварталов) в однородные группы с высоким уровнем сходства характеристик внутри каждой из групп. Механизм кластеризации основан на использовании нейронных сетей самоорганизующихся карт Т. Кохонена (Self-Organizing Map – SOM). Самоорганизующаяся карта (SOM) является эффективным программным инструментом нейросетевого моделирования для обобщения многомерных данных [28,29].

Предлагаемый метод математического моделирования позволяет на основе материальных и нематериальных параметров застройки структурировать информацию и получить интегрированные показатели качества территорий. Полученные данные используются для планирования комплексного воспроизводства городской застройки путем формирования типовых программ управления объектами, отнесенными к той или иной группе [30].

## **2.2 Визуализация структурного анализа качества территорий**

Применение геоинформационных систем (ГИС) предполагает структурирование и наглядное представление данных по информационным слоям иерархической структуры характеристик территории городской застройки [10,23,27].

## **3. Результаты и обсуждение**

Результаты исследования городской застройки произведены на примере отдельных центральных микрорайонов г. Архангельск.

Методология исследования включала в себя несколько этапов:

1. Формирование баз данных характеристик городской территории по каждой отрасли городского хозяйства. Перечень выбранных для описания каждой отрасли характеристик представлен в таблице 1. Следует отметить, что методика позволяет свободно менять как перечень исследуемых отраслей, так и степень детализации характеристик при их описании, т.е. варьировать количество описывающих систему характеристик в соответствии с задачами конкретного исследования.

Таблица 1. Характеристики отраслей городского хозяйства

Отрасль городского хозяйства		Характеристики
Жилищно-коммунальный комплекс	Жилая застройка	1 этап – структурный анализ жилищного фонда: – общие показатели МКД: группа капитальности, объем, общая площадь квартир, количество этажей, срок эксплуатации, общий износ здания, восстановительная стоимость здания; – показатели конструктивных элементов здания. Всего в анализе участвовало 33 показателя при кластеризации репрезентативной выборки из 316 объектов [28]. 2 этап – определение среднего по кварталу типа жилой застройки согласно проведенной кластеризации
	Коммунальное хозяйство	Виды и протяженность инженерных сетей в квартале (обеспеченность), материал сетей, износ сетей и срок службы.
Транспортный комплекс		Структурный анализ кварталов по качеству транспортной инфраструктуры – транспортная доступность квартала (7 показателей при кластеризации 92 кварталов), в том числе: площадь квартала, форма квартала, дорожный трафик, техническое состояние дорог, наличие общественного транспорта, тип движения, дорожные заторы и пр.
Комплекс потребительского рынка		Структурный анализ кварталов по обеспеченности торговыми объектами (6 показателей при кластеризации 92 кварталов) в том числе: расстояние от центра квартала до ближайшего торгово-развлекательного центра городского масштаба, количество мелких магазинов промышленных товаров и товаров повседневного спроса, количество объектов общественного питания и пр.
Строительный комплекс		Показатель для муниципального образования (МО). Характеризуется количеством застройщиков (местные и/или из других регионов), наличием предприятий строительного комплекса. Используется для оценки качества при сравнении различных МО в рамках области, региона, страны
Социальный комплекс		Структурный анализ кварталов по обеспеченности объектами социальной инфраструктуры (8 показателей при кластеризации 90 кварталов) в том числе: обеспеченность жителей квартала медико-поликлинической помощью, детскими дошкольными и школьными учреждениями, близость и доступность зоны рекреации и пр.
Комплекс служб, обеспечивающих общественную безопасность		Показатель для МО. Используется для оценки качества при сравнении различных МО в рамках области, региона, страны
Системы управления, связи, информации		Показатель для МО. Используется для оценки качества при сравнении различных МО в рамках области, региона, страны

2. Проведение структурного анализа территорий городской застройки (кварталов) по каждой отрасли городского хозяйства. Результаты структурного анализа представлены в таблице 2. Структурный анализ проводился путем кластеризации объектов (жилищного фонда [30] и отдельных кварталов г. Архангельск) с использованием SOM в группы с высоким уровнем сходства характеристик объектов внутри каждой группы [31]. На этом этапе можно определить типовые стратегии воспроизводства для объектов каждой группы жилой недвижимости, типовые стратегии развития для каждой группы кварталов по определенной отрасли.

Таблица 2. Характеристики кластеров отраслей городского хозяйства г. Архангельск

Отрасль городского хозяйства	Результаты кластеризации
Жилая застройка	Получено 16 кластеров, которые объединены в 4 типа жилой застройки [28]: Группа 1 – Новый жилищный фонд; Группа 2 – Жилищный фонд в хорошем состоянии; Группа 3 – Стареющий жилищный фонд; Группа 4 – Ветхий и аварийный жилищный фонд.

Транспортный комплекс	Получено 5 кластеров с разным уровнем транспортной инфраструктуры: Группа 1 – Хорошая – максимальный трафик и хорошее состояние дорог вокруг кварталов с формой близкой к квадрату и с большой площадью; Группы 2, 3, 4 – Удовлетворительная – средний трафик и удовлетворительное состояние дорог вокруг кварталов, соответственно, прямоугольной формы и с маленькой площадью, квадратной формой и со средней площадью, прямоугольной сильно вытянутой формой и с большой площадью; Группа 5 – Плохая – минимальный трафик и неудовлетворительное состояние дорог вокруг кварталов с формой близкой к квадрату и со средней площадью.
Комплекс потребительского рынка	Получено 3 кластера с разным уровнем развития комплекса потребительского рынка: Группа 1 – Кварталы, в которых расположены центры торгово-развлекательной активности города; Группа 2 – Кварталы, расположенные вокруг кварталов группы 1– общественно-деловой центр города; Группа 3 – Спальные районы города с низким уровнем развития потребительского рынка.
Социальный комплекс	Получено 4 кластера с разным уровнем развития социального комплекса: Группа 1 – незначительное удаление от рекреационных зон и средний уровень обеспеченности объектами социального назначения; Группа 2 – кварталы, расположение рядом с рекреационными зонами, лучше всех обеспечены школами, не обеспечены детскими садами; Группа 3 – кварталы, удаленные от зон рекреации, средняя обеспеченность школами, не обеспечены детскими садами Группа 4 – кварталы, расположение рядом с рекреационными зонами, но не обеспеченные школами и детскими садами. Для выбранных при исследовании центральных кварталов города обеспеченность жителей медико-поликлинической помощью является одинаковой и выше средней по сравнению с остальными частями города.

3. Проведение итогового структурного анализа территорий городской застройки (кварталов) по результатам оценки качества по отдельным отраслям. Структурный анализ проводился путем кластеризации объектов (отдельных кварталов г. Архангельска) с использованием SOM [31] в группы с высоким уровнем сходства характеристик.

На этом этапе производится общая оценка качества территорий по совокупности всех параметров. Описание общих характеристик каждой группы дает возможность определить общий для них вектор развития – общие типовые стратегии развития для каждой группы кварталов (таблица 3). Выявляются наиболее развитые и наиболее депрессивные районы города, а также наиболее инвестиционно-привлекательные для развития кварталы.

Успешность проведенной кластеризации продемонстрирована на рис. 1 и 2. Для иллюстрации неоднородности территории города построим графики индексов признаков (нормализованных характеристик объектов) всех кварталов, входящих репрезентативную выборку (рис. 1) [32].

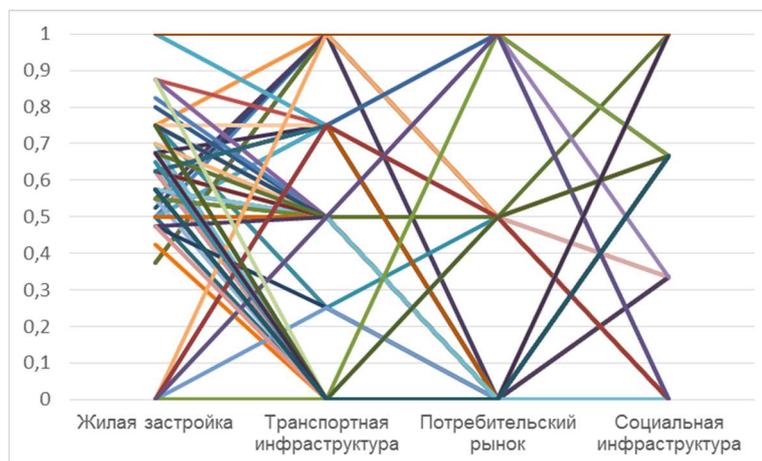
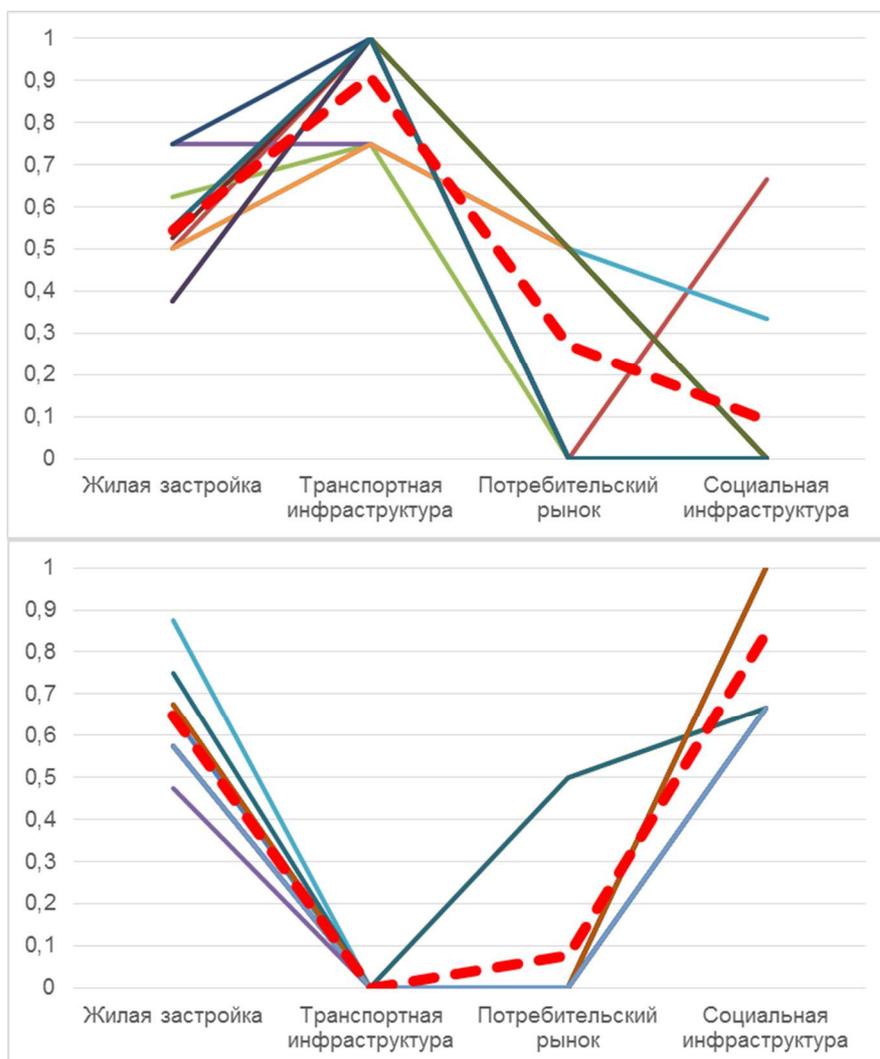


Рисунок 1. Карта нормализованных характеристик всех объектов (кварталов) выборки

Таблица 3. Характеристики кластеров кварталов г. Архангельск

Группа кварталов	Жилищный фонд	Транспортная инфраструктура	Потребительский рынок	Социальная инфраструктура	Описание
«Коммерческие»	Отсутствие или малая доля в общей застройке	Хорошая – максимальный трафик и хорошее состояние дорог вокруг кварталов с формой близкой к квадрату и со средней площадью	Сосредоточение основных торговых-развлекательных объектов городского значения	Рядом с рекреационными зонами, но не обеспеченные школами и детскими садами	Кварталы, застроенные объектами общественно-делового назначения с отсутствием или малой долей жилой недвижимости в центральной части города. Не требуют развития.
«Перспективного комплексного развития»	Наличие большого количества ветхого и аварийного с точечной застройкой новым и в хорошем состоянии	Хорошая – максимальный трафик и хорошее состояние дорог вокруг кварталов с формой близкой к квадрату и с большой площадью	Среднее – общественно-деловой центр города	Рядом с рекреационными зонами, но не обеспеченные школами и детскими садами	Инвестиционно-привлекательные для комплексного строительства высоколиквидной недвижимости жилого и коммерческого назначения за счет обновления сложившейся застройки
«Устойчивого развития»	В хорошем состоянии, частично стареющий, точно новый	Удовлетворительная – средний трафик и удовлетворительное состояние дорог вокруг кварталов	Среднее – общественно-деловой центр города	Средняя и выше средней обеспеченность объектами социального назначения	Кварталы исторически устойчивого развития в центральной части города с сформировавшейся социальной инфраструктурой и общественно-деловыми зонами. Требуют комплексных восстановительных мероприятий: текущий и капитальный ремонт, точечная застройка.
«Перспективного обновления жилой застройки»	В хорошем состоянии и стареющий, точно ветхий	Плохая – минимальный трафик и неудовлетворительное состояние дорог вокруг кварталов	Низкий уровень развития потребительского рынка	Незначительно удаление от рекреационных зон и средний уровень обеспеченности объектами социального назначения	Исторически сложившееся социальная инфраструктура. Инвестиционно-привлекательные для комплексной и точечной жилой застройки, не привлекателен для коммерческой застройки при условии развития транспортной инфраструктуры.
«Инвестиционно-непривлекательные»	В хорошем состоянии и стареющий, отсутствие свободных площадей для застройки	Плохая – минимальный трафик и неудовлетворительное состояние дорог вокруг кварталов	Низкий уровень развития потребительского рынка	Рядом с рекреационными зонами, но не обеспеченные школами и детскими садами	Инвестиционно-непривлекательные ввиду отсутствия свободной или обновляемой площади для застройки. Возможность точечной застройки. Существующая и перспективная застройка имеет сниженную ликвидность ввиду отсутствия инфраструктуры. Развитие за счет бюджетного финансирования инфраструктурной застройки.

Иллюстрация графиков нормализованных характеристик объектов, входящих в один кластер, имеет иной вид. На рисунке 2 изображены графики индексов признаков кластеров, входящих в 1 и 3 из 5 кластеров, которые описаны в табл. 2.



**Рисунок 2. Карта нормализованных характеристик объектов (кварталов) двух из пяти кластеров**

4. Визуализация полученного кластерного анализа с использованием геоинформационных технологий (ГИС). Использование ГИС позволяет визуально оценить состояние территории городской застройки, отразить как общую оценку качества территорий по совокупности всех параметров, так и качество кварталов по каждой отрасли. Пример визуализации общей кластеризации кварталов центральной части г. Архангельск представлен на рис. 3.

5. Мониторинг состояния территории городской застройки проводится путем периодических (раз в 1, 3 или 5 лет) обследований состояния территорий и выявления значений участвующих в оценке характеристик по каждой отрасли. Периодичность обследования выбирается на основании существующей динамики изменения состояния каждой отрасли. Например, для жилищного фонда целесообразно проводить мониторинг (кластеризацию) раз в 3 года, что соответствует периодичности планирования работ капитального ремонта и средним срокам нового строительства. Следовательно, состояние объектов за этот период может измениться. Для транспортной инфраструктуры периодичность обследования должна быть ежегодной, что обуславливается динамикой износа дорожного покрытия и ежегодными планами ремонтов.

По результатам периодических обследований производится новый структурный анализ путем кластеризации объектов. Если общая оценка качества территорий по совокупности всех параметров изменяется, то квартал из одного кластера (группы) может попасть в другой кластер. При этом переход в лучший по характеристикам кластер будет показывать на эффективность проводимых мероприятий, а

переход в худший по качеству кластер – отсутствие мероприятий или их неэффективность и необходимость принятия мер по улучшению качества территории (квартала).

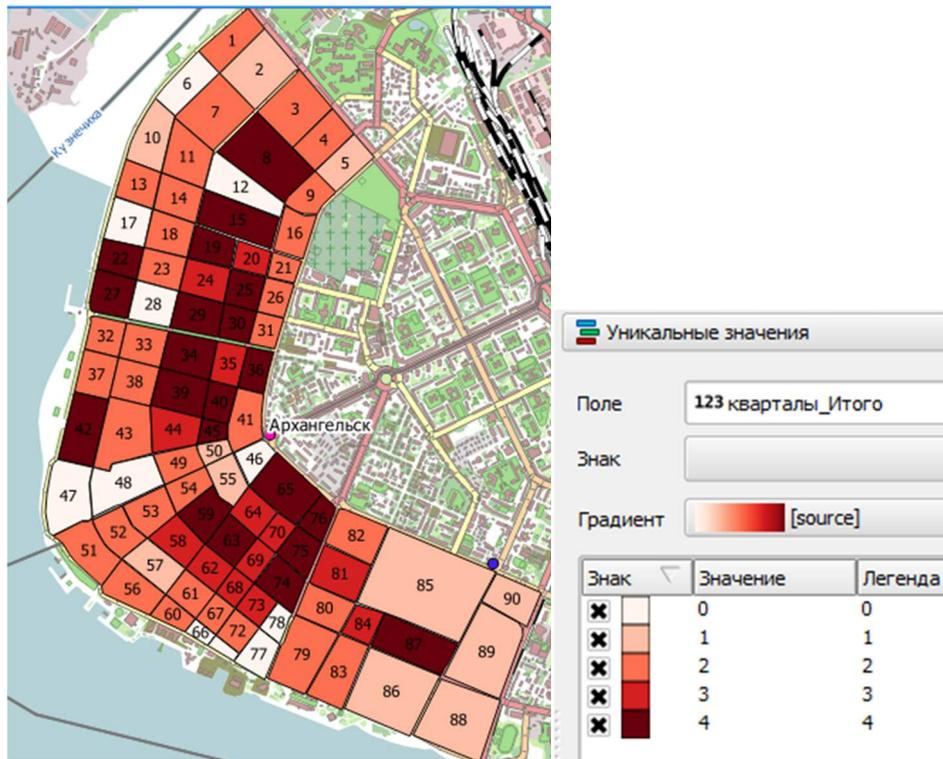


Рисунок 3. Карта общей кластеризации кварталов центральной части г. Архангельск

Таким образом, получены новые вычислительные и аналитические методы мониторинга характеристик иерархических составляющих территорий городской застройки. Новизна результатов исследования заключается в обосновании преимуществ применения структурного анализа для качественного ранжирования территорий. Предлагаемая методика, в отличие от существующих [1–14], направлена на проведение комплексного мониторинга территории в границах муниципального образования. Использование методов нейросетевого моделирования позволяет обрабатывать большие объемы многомерных данных (всю совокупность качественных и количественных характеристик территории), избегая при этом субъективизма. Особенность и преимущество ее также заключается в том, что целью оценки является не получение значения интегрального показателя качества [3,12,16,17,18,19,22,26 и др.], а возможность сопоставления территорий: выявление наиболее инвестиционно-привлекательных (непривлекательных) для развития кварталов, объединенных в группы со сходными характеристиками. На основе представленных послойно характеристик территорий можно выявить конкретные рычаги воздействия и предложить типовые программы развития для группы однородных кварталов с перечнем конкретных мероприятий. Совокупность программ развития и мероприятий для отдельных кварталов определяет стратегию развития города в целом.

#### 4. Заключение

В статье разработан алгоритм оценки качества территории городской застройки. Приведены результаты исследования на примере отдельных центральных микрорайонов города Архангельск. На основе более чем 50 характеристик территории городской застройки получено 5 групп кварталов с высоким уровнем сходства характеристик внутри каждой группы.

Следует отметить, что предложенный метод, по мнению авторов, является универсальным и дает возможность:

- варьировать перечень и совокупность характеристик;
- применять метод для мониторинга и оценки различных территорий, в независимости от их геолокации и масштаба.

- адаптировать методики для мониторинга иных процессов, протекающих на урбанизированных территориях (изменения темы исследования).

Универсальность такой системы и ее «быстрая» работа позволяет оценить состояние любых городских массивов со всей совокупностью входящих в них объектов капитального строительства. Систематический мониторинг позволяет проследить направление и динамику развития территорий. Это дает возможность оперативно реагировать на проявляющиеся изменения.

Основной целью работы является повышение эффективности организационно-технического управления территориями городской застройки как сложными системами иерархических составляющих за счет внедрения разработанных методов мониторинга и анализа данных. Применение предлагаемых методов позволит:

- формировать долгосрочную градостроительную стратегию развития территории городской застройки с учетом комплексной сравнительной оценки качества отдельных кварталов;
- осуществлять бюджетное планирование воспроизводственных мероприятий с учетом их инвестиционной и социальной эффективности;
- ускорить процесс планирования и вносить корректировки в программы воспроизводства городских территорий в режиме реального времени, сократить затраты времени и ресурсов на мониторинг и анализ данных.

### Литература

- [1]. Реконструкция и обновление сложившейся застройки города : учебник / С.А. Болотин и др. ; под общ. ред. П.Г. Грабового, В.А. Харитоновой. – М.: Изд-во «Проспект», 2013, 712 с.
- [2]. Слепухина И. Л. Формирование региональной системы управления обновлением городской жилой застройки: диссертация ... кандидата экономических наук: 08.00.05 / Слепухина Ирина Леонидовна; [Место защиты: Ин-т регион. эконом. исслед. г. Москвы]. – Архангельск, 2009. 184 с.: ил.
- [3]. Шеина С.Г., Хамавова А.А., Исмагулаева Н.А. Комфортная среда жизнедеятельности: новые стандарты устойчивого развития сельских территорий // Инженерный вестник Дона. 2015. Т. 37. № 3. С. 88.
- [4]. Касьянов В.Ф., Табаков Н.А. Опыт зарубежных стран в области реконструкции городской застройки // Вестник МГСУ. 2011. № 8. С. 21-27.
- [5]. Мартыненко Е.А., Старицына А.А., Рыбаков В.А. Реконструкция жилого квартала исторического центра Санкт-Петербурга // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. № 1. С. 32-42.
- [6]. Азарова И.Б. Основные аспекты ценностно-ориентированного управления инвестиционно-строительными жилищными проектами // Инженерно-строительный журнал. 2015. № 7 (59). С. 18-29.
- [7]. M. Zivkovic, O. Oliyynyk, V.A. Murgul. Reconstruction of urban areas: sustainable strategy of obsolete building conversion to residential uses. Construction of Unique Buildings and Structures. 2016. Vol.1. Pp. 102-111.
- [8]. Усольцева М.С., Волкова Ю.В. Реновация промышленных зон в Санкт-Петербурге // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 2 (29). С. 98-111.
- [9]. Дуванова И.А., Симанкина Т.Л. Оптимизация организации парковочного пространства в условиях жилой застройки // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. № 2 (41). С. 108-117.
- [10]. Осипов А.Г., Гарманов В.В., Генгут И.Б. Геоинформационное обеспечение эколого-мелиоративного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2016. № 1 (132). С. 38-43.
- [11]. Бахирев И.А., Михайлов А.Ю. Оценка условий движения на городских улицах // Градостроительство. 2015. № 4. С. 63-68.
- [12]. Герцберг Л.Я., Будилова Е.В. Проблемы территориального планирования и качество среды проживания // Народонаселение. 2015. № 1 (67). С. 37-49.
- [13]. A. Barbosa, L. Bragança, R. Mateus. New approach addressing sustainability in urban areas using sustainable city models. International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development. 2014. Vol. 5 (4). Pp. 297-305 (doi: 10.1080/2093761X.2014.948528).
- [14]. Папаскири Т.В. Землеустроительное проектирование и землеустройство на основе автоматизации: проблемы и решения // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2015. № 8 (127). С. 10-15.
- [15]. Симанкина Т.Л., Попова О.Н. Квалиметрическая экспертиза при оценке состояния застройки урбанизированной территории // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2013. № 7 (12). С. 71-78.

- [16]. O. Popova, E. Bogacheva. Analysis of the methods for assessing socio-economic development level of urban areas. AIP Conference Proceedings. 2017. Vol. 1800. (doi: 10.1063/1.4973075).
- [17]. Комаров С.И., Полякова Т.О., Савельева Е.Б. Интегральный подход к зонированию территории региона для целей управления земельными ресурсами // Региональная экономика: теория и практика. 2016. № 10 (433). С. 190-202.
- [18]. Киевский И.Л., Киевский Л.В., Мареев Ю.А. Международные рейтинги городов как критерии градостроительного развития // Жилищное строительство. 2015. № 11. С. 3-8.
- [19]. Богомолова И.В., Машенцова Л.С. Развитие методики оценки конкурентоспособности городов по количественным и качественным параметрам // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3: Экономика. Экология. 2015. № 3 (32). С. 20-26.
- [20]. Slepukhina. Russian cities at the crossroads: getting lost in transition or moving towards regeneration. Department of Architecture and urban studies Politecnico di Milano PhD dissertation. 2014
- [21]. Теличенко, Т. В. Методические основы оценки коммерческого потенциала территорий при комплексной реконструкции и обновлении сложившейся застройки города: автореферат дис. ... кандидата экономических наук: 08.00.05 / Теличенко Татьяна Валерьевна; [Место защиты: Моск. гос. строит. ун-т]. – Москва, 2007. - 26 с.
- [22]. Стражников А. М. Научные основы, разработка и реализация системы мониторинга жилищного фонда в мегаполисах (На примере г. Москвы): Дис. ... д-ра техн. наук: 05.02.22: Москва, 2003. - 376 с.
- [23]. Шеина С.Г. Стратегическое управление техническим состоянием жилищного фонда муниципального образования: Монография. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2008. – 200 с.
- [24]. Чефранова О.В., Жигульский В.И. Проектирование системы показателей контроллинга и мониторинга в управлении развитием транспортно-дорожного комплекса (ТДК) // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. 2015. Т. 2. № 1. С. 300-304.
- [25]. C. Peng, T. Ming, J. Gui, Y. Tao, Z. Peng. Numerical analysis on the thermal environment of an old city district during urban renewal. Energy and Buildings, Vol. 89. Pp. 18-31 (doi: 10.1016/j.enbuild.2014.12.023).
- [26]. S. AguacilLufkin, E. Rey, A. Cuchi. Application of the cost-optimal methodology to urban renewal projects at the territorial scale based on statistical data – A case study in Spain. Energy and Buildings. 2017. Vol. 144. Pp. 42-60 (doi: 10.1016/j.enbuild.2017.03.047).
- [27]. H. Wang, Q. Shen, B.-S. Tang. GIS-based framework for supporting land use planning in urban renewal: Case study in Hong Kong. Journal of Urban Planning and Development. Vol. 141 (3) (doi: 10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000216).
- [28]. T. Kohonen. Self-Organizing Maps (Third Extended Edition), New York. 2000. 501 p.
- [29]. G. Debok, T. Kohonen. Analysis of financial data using self-organizing maps. Alpina Publisher. 2001.
- [30]. T. Simankina, O. Popova. Neural Network Application for Scheduling of Building Construction Repair. Applied Mechanics and Materials. 2014. Vol. 584-586. Pp. 1944-1950 (doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.584-586.1944).
- [31]. Deductor - продвинутая аналитика без программирования [Электронный ресурс]. URL: <http://www.basegroup.ru/deductor/> (дата обращения: 01.10.2017).
- [32]. L. Diappi, P. Bolchi, I. Slepukhina. The emerging structure of Russian urban systems: a classification based on Self-Organizing Maps. EconPapers. 2013. Vol. 11. Pp. 1–7.

## Monitoring and quality assessment of urban development areas based on neural network modeling and GIS

O.N. Popova <sup>1\*</sup>, Y.M. Glebova <sup>2</sup>,

<sup>1-2</sup> Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, 17. Severnaya Dvina Emb. Arkhangelsk. 163002. Russia.

---

### Article info

scientific article

doi: 10.18720/CUBS.62.4

### Article history

Received 14.10.2017

### Keywords

monitoring of urban areas;  
city quarters;  
neural network modeling;  
geoinformation technologies;  
Self-Organizing Map;  
GIS;  
SOM;

---

### ABSTRACT

In this article the authors carry out the research of the urban development areas structure and propose the system of its characteristics on the basis of sector affiliation of the municipal economy. The authors have developed an algorithm for quality assessment of urban development areas. The results of the research are presented on the example of several central city quarters of Arkhangelsk. Structural SOM-analysis compiled separate quarters of Arkhangelsk into 5 groups with a high level of characteristic similarity: "Commercial", "Prospective complex development", "Sustainable development", "Perspective renovation of residential development", "Investment-unattractive". Typical development strategies for each group of quarters are determined. Using GIS allows to visually reflect the state and assess the quality of the urban development area by the aggregate of all parameters, and also to assess the quality of the quarters for each sector. The proposed method is universal. It makes it possible to vary the list and the set of characteristics; to apply the method for monitoring and assessment of different areas, regardless of their geolocation and scale; to adapt the methodology for monitoring other processes occurring in urban areas. "Fast" algorithm processing allows one to accelerate the planning and adjust the programs of urban areas reproduction in real time, reduce the expenses of time and resources on monitoring and analyzing data. The proposed methodology can be used as a mechanism for the formation of a long-term town-planning strategy for the urban development area along with the planning of reproductive activities taking into account their investment and social efficiency.

---

#### Contact information:

1 \* +79115705964, oly-popova@yandex.ru (Olga Popova, Ph.D., Head of academic department)  
2 +79626652682, glebovaulia@yandex.ru (Yulia Glebova, Senior Lector)

## References

- [1]. Rekonstruktsiya i obnoveniye slozhivsheysya zastroyki goroda : uchebnik / S.A. Bolotin i dr. ; pod obshch. red. P.G. Grabovogo, V.A. Kharitonova. – M.: Izd-vo «Prospekt», 2013, 712 p.
- [2]. Slepukhina I. L. Formirovaniye regionalnoy sistemy upravleniya obnoveniyem gorodskoy zhiloy zastroyki: dissertatsiya... kandidata ekonomicheskikh nauk: 08.00.05 / Slepukhina Irina Leonidovna; [Mesto zashchity: In-t region. ekonom. issled. g. Moskvy]. – Arkhangelsk, 2009. 184 p.: il.
- [3]. Sheina S.G., Khamavova A.A., Ismatulayeva N.A. Komfortnaya sreda zhiznedeyatelnosti: novyye standarty ustoychivogo razvitiya selskikh territoriy. Inzhenernyy vestnik Dona. 2015. T. 37. No. 3. P. 88.
- [4]. Kasyanov V.F., Tabakov N.A. Opyt zarubezhnykh stran v oblasti rekonstruktsii gorodskoy zastroyki // Vestnik MGSU. 2011. No. 8. Pp. 21-27.
- [5]. Martynenko Ye.A., Staritsyna A.A., Rybakov V.A. Rekonstruktsiya zhilogo kvartala istoricheskogo tsentra Sankt-Peterburga. Construction of Unique Buildings and Structures. 2016. No. 1. Pp. 32-42.
- [6]. Azarova I.B. Osnovnyye aspekty tselestvo-oriyentirovannogo upravleniya investitsionno-stroitelnyimi zhilishchnymi proyektami. Magazine of Civil Engineering. 2015. No.7 (59). Pp. 18-29.
- [7]. M. Zivkovic, O. Oliynyk, V.A. Murgul. Reconstruction of urban areas: sustainable strategy of obsolete building conversion to residential uses. Construction of Unique Buildings and Structures. 2016. Vol.1. Pp. 102-111.
- [8]. Usoltseva M.S., Volkova Yu.V. Renovatsiya promyshlennykh zon v Sankt-Peterburge. Construction of Unique Buildings and Structures. 2015. No. 2 (29). Pp. 98-111.
- [9]. Duvanova I.A., Simankina T.L. Optimizatsiya organizatsii parkovochnogo prostranstva v usloviyakh zhiloy zastroyki. Construction of Unique Buildings and Structures. 2016. No. 2 (41). Pp. 108-117.
- [10]. Osipov A.G., Garmanov V.V., Gengut I.B. Geoinformatsionnoye obespecheniye ekologo-meliorativnogo monitoringa zemel selskokhozyaystvennogo naznacheniya // Zemleustroystvo, kadastr i monitoring zemel. 2016. No. 1 (132). Pp. 38-43.
- [11]. Bakhirev I.A., Mikhaylov A.Yu. Otsenka usloviy dvizheniya na gorodskikh ulitsakh // Gradostroitelstvo. 2015. No. 4. Pp. 63-68.
- [12]. Gertsberg L.Ya., Budilova Ye.V. Problemy territorialnogo planirovaniya i kachestvo sredy prozhivaniya // Narodonaseleniye. 2015. No. 1 (67). Pp. 37-49.
- [13]. J.A. Barbosa, L. Bragança, R. Mateus. New approach addressing sustainability in urban areas using sustainable city models. International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development. 2014. Vol. 5 (4). Pp. 297-305 (doi: 10.1080/2093761X.2014.948528).
- [14]. Papaskiri T.V. Zemleustroitelnoye proyektirovaniye i zemleustroystvo na osnove avtomatizatsii: problemy i resheniya // Zemleustroystvo, kadastr i monitoring zemel. 2015. No. 8 (127). Pp. 10-15.
- [15]. Simankina T.L., Popova O.N. Kvalimetricheskaya ekspertiza pri otsenke sostoyaniya zastroyki urbanizirovannoy territorii. Construction of Unique Buildings and Structures. 2013. No. 7 (12). Pp. 71-78.
- [16]. O. Popova, E. Bogacheva. Analysis of the methods for assessing socio-economic development level of urban areas. AIP Conference Proceedings. 2017. Vol. 1800. (doi: 10.1063/1.4973075).
- [17]. Komarov S.I., Polyakova T.O., Savelyeva Ye.B. Integralnyy podkhod k zonirovaniyu territorii regiona dlya tseley upravleniya zemelnymi resursami // Regionalnaya ekonomika: teoriya i praktika. 2016. No. 10 (433). Pp. 190-202.
- [18]. Kiyevskiy I.L., Kiyevskiy L.V., Mareyev Yu.A. Mezhdunarodnyye reytingi gorodov kak kriterii gradostroitel'nogo razvitiya // Zhilishchnoye stroitelstvo. 2015. No. 11. Pp. 3-8.
- [19]. Bogomolova I.V., Mashentsova L.S. Razvitiye metodiki otsenki konkurentosposobnosti gorodov po kolichestvennym i kachestvennym parametram // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 3: Ekonomika. Ekologiya. 2015. No. 3 (32). Pp. 20-26.
- [20]. I. Slepukhina. Russian cities at the crossroads: getting lost in transition or moving towards regeneration. Department of Architecture and urban studies Politecnico di Milano PhD dissertation. 2014
- [21]. Telichenko, T. V. Metodicheskiye osnovy otsenki kommercheskogo potentsiala territoriy pri kompleksnoy rekonstruktsii i obnovenii slozhivsheysya zastroyki goroda: avtoreferat dis. ... kandidata ekonomicheskikh nauk: 08.00.05 / Telichenko Tatyana Valeryevna; [Mesto zashchity: Mosk. gos. stroit. un-t]. – Moskva, 2007. - 26 p.
- [22]. Strazhnikov A. M. Nauchnyye osnovy, razrabotka i realizatsiya sistemy monitoringa zhilishchnogo fonda v megapolisakh (Na primere g. Moskvy): Dis. ... d-ra tekhn. nauk: 05.02.22: Moskva, 2003. - 376 p.
- [23]. Sheina S.G. Strategicheskoye upravleniye tekhnicheskim sostoyaniyem zhilishchnogo fonda munitsipalnogo obrazovaniya: Monografiya. – Rostov n/D: Rost. gos. stroit. un-t, 2008. – 200 p.

- [24]. Chefranova O.V., Zhigulskiy V.I. *Proyektirovaniye sistemy pokazateley kontrollinga i monitoringa v upravlenii razvitiyem transportno-dorozhnogo kompleksa (TDK) // Alternativnyye istochniki energii v transportno-tehnologicheskom komplekse: problemy i perspektivy ratsionalnogo ispolzovaniya*. 2015. T. 2. No. 1. Pp. 300-304.
- [25]. C. Peng, T. Ming, J. Gui, Y. Tao, Z. Peng. Numerical analysis on the thermal environment of an old city district during urban renewal. *Energy and Buildings*, Vol. 89. Pp. 18-31 (doi: 10.1016/j.enbuild.2014.12.023).
- [26]. S. AguacilLufkin, E. Rey, A. Cuchi. Application of the cost-optimal methodology to urban renewal projects at the territorial scale based on statistical data – A case study in Spain. *Energy and Buildings*. 2017. Vol. 144. Pp. 42-60 (doi: 10.1016/j.enbuild.2017.03.047).
- [27]. H. Wang, Q. Shen, B.-S. Tang. GIS-based framework for supporting land use planning in urban renewal: Case study in Hong Kong. *Journal of Urban Planning and Development*. Vol. 141 (3) (doi: 10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000216).
- [28]. T. Kohonen. *Self-Organizing Maps (Third Extended Edition)*, New York. 2000. 501 p.
- [29]. G. Debok, T. Kohonen. *Analysis of financial data using self-organizing maps*. Alpina Publisher. 2001.
- [30]. T. Simankina, O. Popova. Neural Network Application for Scheduling of Building Construction Repair. *Applied Mechanics and Materials*. 2014. Vol. 584-586. Pp. 1944-1950 (doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.584-586.1944).
- [31]. Deductor - prodvnutaya analitika bez programmirovaniya [Elektronnyy resurs]. URL: <http://www.basegroup.ru/deductor/> (data obrashcheniya: 01.10.2017).
- [32]. L. Diappi, P. Bolchi, I. Slepukhina. The emerging structure of Russian urban systems: a classification based on Self-Organizing Maps. *EconPapers*. 2013. Vol. 11. Pp. 1–7.

*Попова О.Н., Глебова Ю.М., Мониторинг и оценка качества урбанизированных территорий на основе методов нейросетевого моделирования и ГИС, Строительство уникальных зданий и сооружений, 2017, №11(62). С.47-59.*

*Popova O.N., Glebova Y.M. Monitoring and quality assessment of urban development areas based on neural network modeling and GIS, Construction of Unique Buildings and Structures. 2017. 11 (62). Pp. 47-59. (rus)*