

# ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА В ЗАДАЧАХ ОЦЕНКИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЖИТЕЛЕЙ В ГОРОДЕ

**А.О. Анохин**

*Волгоградский государственный технический университет*  
Россия, 400005, Волгоград, пр. имени В.И. Ленина, 28  
E-mail: alex.anokhin.st@gmail.com

**Д.С. Парыгин**

*Волгоградский государственный технический университет*  
Россия, 400005, Волгоград, пр. имени В.И. Ленина, 28  
E-mail: dparygin@gmail.com

**Н.М. Рашевский**

*Волгоградский государственный технический университет*  
Россия, 400005, Волгоград, пр. имени В.И. Ленина, 28  
E-mail: rashevsky.n@gmail.com

**Ключевые слова:** задачи управления, городская среда, моделирование, распределение жителей города, мультиагентная система, интеллектуальный агент.

**Аннотация:** задача трансформации городского пространства тесно связана с задачей оценки распределения жителей в городской среде. В настоящей работе рассматриваются возможности применения интеллектуального анализа к подобным задачам. Рассмотрены несколько подходов к оценке распределения граждан в городе на основе моделирования, по каждому из подходов выделены основные преимущества и недостатки.

## 1. Введение

Развитие современных городов – одна из приоритетных задач урбанистики. Для комфортного проживания людей и их возможности удовлетворять свои каждодневные нужды в рамках города необходимо грамотным образом трансформировать городскую среду и инфраструктуру, обеспечивая для всех категорий граждан возможность удобно воспользоваться всеми предоставляемыми в городе услугами [1, 2].

Население городов постоянно растёт, жители мигрируют, ввиду чего городская среда должна подстраиваться и изменяться [3]. Потребность в трансформации городской инфраструктуры ощущается тем острее, чем быстрее город испытывает рост населения: среда, рассчитанная на одно количество граждан, вряд ли будет способна справиться с возросшим населением разрастающегося мегаполиса [4]. В качестве одной из мер поддержки развития городской среды может быть использовано компьютерное моделирование.

Для оценки доступности объектов городской среды и необходимости изменения инфраструктуры необходимо провести работы, связанные с определением качественного и количественного состава людей в городе [5]. В настоящей работе рассматриваются подходы, связанные с интеллектуальным анализом в задачах оценки распределения жителей города.

## 2. Предлагаемые подходы

### 2.1. Модель конкуренции

Для оценки распределения жителей в городе сначала необходимо оценить возможность решения подобных задач методом моделирования. Для этого была реализована модель конкуренции [6], в которой городские блага представлены в виде ресурсов. Жители города в такой реализации были представлены интеллектуальными агентами, перед которыми стояла задача накопления как можно большего количества ресурсов в условиях ограниченного времени.

Задача агентов состояла в поиске и сборе ресурсов, количество которых ограничено. В рамках эксперимента проводилась серия матчей, в каждом из которых две популяции агентов соревновались в том, какая популяция накопит больше всего очков за отведённое время. Тестировались популяции агентов, построенных на базе деревьев поведения. У трёх популяций из четырёх использовались классические деревья поведения с разными настройками, за счёт чего одна популяция была более склонна к риску, а другая – к осторожному поведению.

Четвёртая популяция имела стандартные настройки дерева поведения, дополненные обучающим алгоритмом на базе обучения с подкреплением.

В результате проведённой работы были определены наиболее оптимальные настройки, учитывающие изменения внешней среды, а также получено доказательство того, что обучающие алгоритмы могут быть успешно применены в решении подобных задач [7].

Также было сформировано понимание того, что современный город представляет собой гораздо более сложную систему, которую невозможно свести к простой задаче поиска ресурсов в игровой среде.

### 2.2. Динамическая модель передвижения жителей города

Динамическая модель передвижения жителей города является продолжением предложенной ранее модели конкуренции [8].

В рамках данного подхода изучается возможность представления каждого жителя города в виде интеллектуального агента. Для всех агентов формируется набор правил, согласно которым они перемещаются в городе.

Для осуществления такого моделирования, в первую очередь, необходимы данные карты о местонахождении тех или иных объектов городской инфраструктуры. Для этого использовался сервис OpenStreetMap [9]. Был создан специальный модуль программы, необходимый для сбора данных с карты. С его помощью были определены такие объекты, как здания различных категорий, дороги, светофоры, тротуары и пешеходные дорожки.

Движение жителей обуславливается необходимостью посещать определённые объекты инфраструктуры, такие как дома, рабочие места, больницы, учебные заведения, магазины и прочее. Данные обо всех этих объектах также были собраны с карты, а для жителей были составлены упрощённые сценарии, согласно которым среднестатистический житель посещает рабочее место, затем выбирает одну из точек рекреации в городе (парки, памятники, торговые центры), после чего возвращается домой. Между всеми точками житель перемещается пешком, на машине или на общественном транспорте. Были сформулированы правила, по которым происходит движение в городе [10].

В результате моделирования получена визуализация, представленная на рис. 1. Жители представлены точками, которые перемещаются по карте.



Рис. 1. Визуализация распределения жителей в динамической модели.

Основное преимущество данного подхода в рамках задачи оценки распределения жителей заключается в возможности отслеживания положения жителей как в конечных точках маршрута, так и во время самого маршрута. За счёт этого можно оценивать как доступность инфраструктуры в целом, так и достаточность параметров дорожно-транспортной сети города.

Основным недостатком подхода является большой объём данных, используемых системой для вычисления положения агентов на карте. Этот подход ограничен вычислительными мощностями компьютера, так как информация о каждом агенте обрабатывается в отдельности от остальных на каждом такте работы программы. С ростом количества агентов растёт сложность вычислений, что делает использование подхода крайне дорогостоящим для моделирования распределения жителей в крупных городах.

### 2.3. Статическая модель распределения жителей города

Статическая модель распределения является продолжением работы над динамической моделью, описанной в предыдущем разделе.

Эта модель также использует данные с карты OpenStreetMap, однако теперь вместо наблюдения за передвижением каждого жителя в динамике создаётся агрегированная модель, отражающая моментальное распределение разных категорий граждан в городе для каждого отдельно взятого часа буднего или выходного дня.

Для достижения целей достоверного распределения жителей в городе необходима, в первую очередь, информация о жителях. Для получения этой информации был использован орган Росстат [11]. С помощью этого органа были получены данные об общем количестве жителей города, их половом и возрастном распределении, а также о принадлежности к группам профессий. Обладая информацией о том, к какой группе граждан относится конкретный житель, можно определить, в каком здании он может находиться в заданный момент времени.

Для этого необходимо расширить набор данных, получаемых с OpenStreetMap. В первую очередь, каждому жителю должен быть назначен дом, поэтому с карты нужно получить данные о жилом фонде города с указанием этажности и площади. Это необходимо для определения, сколько жителей может населять каждый дом на карте.

Во-вторых, для корректного определения места работы каждого жителя необходимо соотнести отрасли трудовой деятельности со зданиями на карте. Для этого

для каждого здания были также собраны теги, по которым можно понять, относится ли здание к производственным и в какой отрасли в нём работают.

После того, как эти работы выполнены, необходимо создать архетипы граждан, основанные на их половой принадлежности и возрасте. Архетипы нужны для назначения характерных сценариев: так, для примера, младенцы не посещают производственные здания, а пенсионеры более склонны посещать больницы, чем люди трудоспособного возраста.

Были выделены следующие архетипы младенца, ребёнка детсадовского возраста, школьника, студента, человека трудоспособного возраста и пенсионера. Для людей трудоспособного возраста вводится разделение на мужчин и женщин, так как мужчины и женщины выходят на пенсию в разном возрасте.

Далее для каждого архетипа создаются сценарии, описывающие, где находится представитель этого архетипа в заданный час. Всего хранится информация о 24 часах любого буднего дня и 24 часах любого выходного дня.

После этого происходит непосредственно моделирование, в рамках которого на карту наносится местонахождение каждого жителя в виде отдельной точки (для крупных скоплений людей точки кластеризуются). Жители размещаются в тех или иных зданиях в зависимости от своего сценария и текущего времени.

В результате моделирования получается визуализация, представленная на рис. 1. Для исследования был выбран город Волгоград.

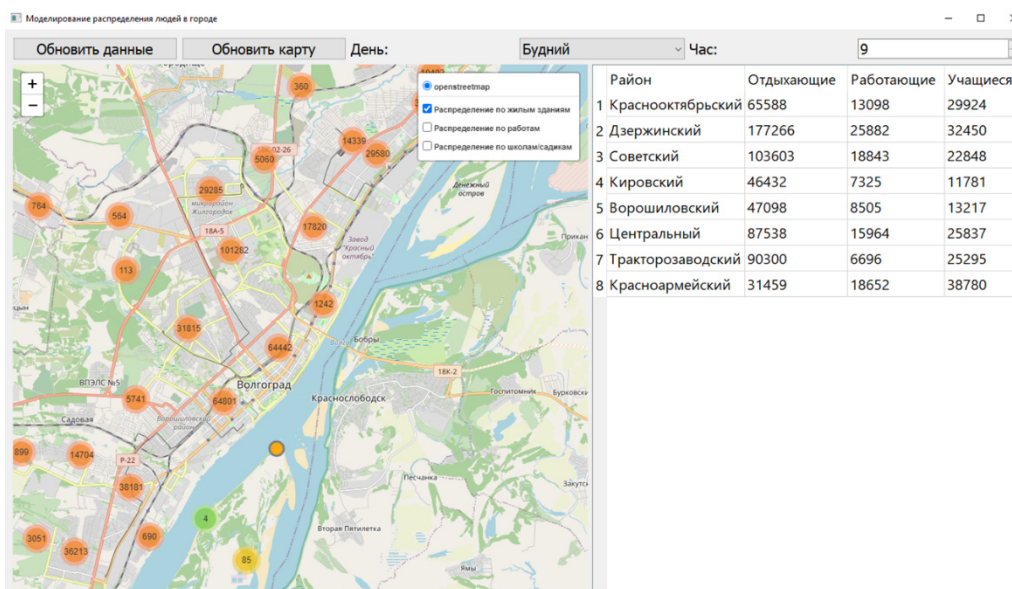


Рис. 2. Визуализация распределения жителей с помощью статического подхода.

К преимуществам данного метода в решении задачи оценки распределения людей можно отнести то, что визуализация позволяет точно определить количество жителей в каждом районе города и соотнести их с информацией о том, чем они могут заниматься. При этом подход не требователен к вычислительным мощностям и может быть использован для моделирования крупных населённых пунктов. Такую систему проще реализовать и поддерживать, периодически обновляя данные статистики.

### 3. Заключение

В рамках настоящей работы произведено рассмотрение основных подходов к интеллектуальному анализу в задачах оценки распределения жителей города. В рамках

рассмотрения каждого из подходов были выявлены его преимущества и недостатки. Описанные подходы могут послужить базисом для дальнейших работ по применению интеллектуального анализа к задачам оценки распределения жителей в городе.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда и Администрации Волгоградской области № 22-11-20024, <https://rscf.ru/project/22-11-20024/>. Авторы выражают благодарность коллегам по кафедре «Цифровые технологии в урбанистике, архитектуре и строительстве» ИАиС ВолгГТУ, принимавшим участие в разработке проекта.

## Список литературы

1. Щербина Е.Ю., Ключкова Е.Р. Соучаствующее проектирование как инструмент развития городской среды // Управленческое консультирование. 2021. № 7 (151). С. 68-79.
2. Маркин В.В., Малышев М.Л., Землянский Д.Ю. Мониторинг региональных стратегий пространственного развития российских городов: моделирование политико-управленческих практик. Часть 1 // Мониторинг правоприменения. 2020. № 3 (36). С. 51-65.
3. Преликова Е.А. Структура городской среды // Молодежь и XXI век-2022. 2022. С. 298-301.
4. Стариков А.А. Качество жизни граждан и комфортная городская среда // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2017. № 3 (34). С. 46-49.
5. Крашенинников А.В. Когнитивная урбанистика: архетипы и прототипы городской среды. М.: КУРС, 2020. С. 208-208.
6. Анохин А.О., Парыгин Д.С., Садовникова Н.П., Финогеев А.А., Гуртяков А.С. Моделирование поведения интеллектуальных агентов на основе методов машинного обучения в моделях конкуренции // Программные продукты и системы. 2023. Т. 366 № 1. С. 46-59. <http://www.swsys.ru/files/2023-1/46-59.pdf>. DOI: 10.15827/0236-235X.141.046-059.
7. Анохин А.О., Садовникова Н.П., Катаев А.В., Парыгин Д.С. Моделирование поведения агентов для реализации игрового искусственного интеллекта // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. 2020. № 2 (50). С. 85-99. [http://hi-tech.asu.edu.ru/files/2\(50\)/85-99.pdf](http://hi-tech.asu.edu.ru/files/2(50)/85-99.pdf). DOI: 10.21672/2074-1707.2020.50.2.096-110.
8. Парыгин Д.С., Буров С.С., Анохин А.О., Финогеев А.Г., Голубев А.В. Платформа для моделирования массовых перемещений объектов и субъектов в условиях городской среды // Программные продукты и системы. 2021. Т. 34, № 2. С. 354-364. <http://www.swsys.ru/files/2021-2/354-364.pdf>. DOI: 10.15827/0236-235X.134.354-364.
9. OpenStreetMap. <https://www.openstreetmap.org/> (дата обращения 10.01.2024).
10. OsmLifeSimulation. URL: <http://live.urbanbasis.com/> (дата обращения: 18.10.2023).
11. Федеральная служба государственной статистики. <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения 20.12.2023).