

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА АГЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРОВЕРКИ КАЧЕСТВА АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНОГО РЕШЕНИЯ

УДК: 004.94: 711.5

Шифр научной специальности: 2.1.13

DOI: 10.47055/19904126_2024_4(88)_16

Окулова Светлана Антанасовна-Пранасовна,

магистрант,

Научные руководители: кандидат архитектуры, профессор М.Н. Дивакова,

кандидат физ.-мат. наук, доцент А.Н. Гуцин,

Уральский государственный архитектурно-художественный университет имени Н.С. Алфёрова,

Россия, Екатеринбург,

e-mail: mp_700@mail.ru

Аннотация

В статье представлен анализ применения метода агентного моделирования с использованием программы AnyLogic для оценки качества архитектурно-планировочного решения. Рассмотрен процесс создания модели, определены ключевые агенты и факторы влияния; результаты анализа позволяют сделать выводы о качестве архитектурно-планировочного решения набережной малого города. Модель построена для открытого общественного пространства на примере набережной в г. Полевском. Цели проверки качества архитектурно-планировочного решения – проектирование сценариев движения пешеходных потоков, проверка достаточности линейных размеров дорожек и площадок для обеспечения беспрепятственного движения пешеходов, выявление мест массового скопления пешеходов с целью обеспечения безопасности и развития торговли, расстановка уличной мебели.

Ключевые слова:

агентное моделирование, AnyLogic, открытое общественное пространство, архитектурно-планировочное решение

USING AGENT-BASED MODELING METHOD TO ASSESS THE QUALITY OF ARCHITECTURAL AND PLANNING SOLUTIONS FOR OPEN PUBLIC SPACES

УДК: 004.94: 711.5

Шифр научной специальности: 2.1.13

DOI: 10.47055/19904126_2024_4(88)_16

Okulova Svetlana A.-P.,

Master degree student,

Research supervisors: Professor M.N. Divakova, PhD (Architecture),

Associate professor A.N. Gushchin, PhD (Mathematics),

Ural State University of Architecture and Art,

Russia, Yekaterinburg,

e-mail: mp_700@mail.ru

Abstract

This article considers the application of the agent-based modeling method using the AnyLogic program to assess the quality of architectural and planning solutions for open public spaces, using as an example the Embankment in the city of Polevskoy. The methodology of agent-based modeling is an effective tool for studying interactions between various agents in public spaces and evaluating their impact on the living environment, behavior model. In this work, we present the process of creating a model, defining key agents and influencing factors, as well as the analysis results that allow conclusions to be drawn about the quality of the architectural and planning solution for the Embankment in a small city.

Keywords:

agent-based modeling, AnyLogic, open public space, architectural and planning solution

Введение

Методологи архитектуры отмечают особенность архитектуры как научной дисциплины. Особенность заключается в том, что для практической проверки архитектурных концепций требуется длительное время. «Некоторые из научных построений не подтверждаются практикой строительства, демонстрируя ошибочность того, что некогда казалось несомненным. Таковы, например, многие установки функционалистов об оптимальном жилище...» [1, с. 7]. В силу данного обстоятельства «одна из главных задач архитекторов-ученых – научиться проверять истинность архитектурно-теоретических построений на различного рода моделях, еще в проектах, до застройки» [1, с. 7].

В настоящее время сформировалось несколько направлений, связанных с моделированием в архитектуре. Самое развитое направление – информационное моделирование зданий – BIM-моделирование. По данному направлению имеется большое количество публикаций, к примеру монография В.В. Талапова [2]. Сегодня BIM-модели имеют широкий спектр применения. Условно спектр применения можно классифицировать по типам моделей, например модели памятников культурного наследия [3], модели сложных архитектурных объектов [4]. Иная классификация BIM-моделей построена на основе наращивания размерности пространства модели и усложнения параметризации: концепции 3D, 4D и т. д., вплоть до 8D-моделей [5]. Временной масштаб BIM-моделей исчисляется периодом эксплуатации здания и составляет несколько десятков лет. Помимо информационной модели зданий со своим временным масштабом создаются также модели территории – ландшафтные информационные модели. Пример описания модели можно найти в работе [6].

Следующий тип моделей можно назвать проектными. Суть проектных моделей в том, что они формируются в рамках генеральных планов, мастер-планов, концептуальных проектов. Обзоры проектных моделей можно найти в работе О.И. Явейна и Т.Р. Вахитова [7]. Временной масштаб моделей для проектирования определяется временными рамками генерального плана (мастер-плана) и также составляет десятки лет. Все перечисленные модели можно отнести к «статичным» – моделям, которые не учитывают временную динамику, или временной масштаб которых составляют несколько десятков лет.

Агентное моделирование, напротив, позволяет моделировать явления, имеющие временную динамику дней, часов и минут. На сегодняшний день данный тип моделирования не нашел широкого распространения в архитектуре и градостроительстве, хотя имеет широкое применение в других технических областях. Практика агентного моделирования включает прецеденты моделирования поведения горожан [8, 9]. В контексте архитектурно-планировочных решений агентное моделирование может быть использовано для создания моделей поведения людей,

транспортных средств, архитектурных элементов, социальных объектов, открытых общественных пространств, взаимодействующих в городской среде.

Актуальность темы исследования вытекает из сказанного выше – необходимости предварительной проверки проектных решений еще на стадии проектирования. Модели, имеющие временную динамику порядка дней и часов, редко используются в архитектурном моделировании. Цель исследования заключается в том, чтобы продемонстрировать возможности обоснования и проверки качества проектных решений на основе агентного моделирования.

Для эксперимента по агентному моделированию необходимо: 1) создание сценариев поведения пешеходных потоков, 2) модель движения отдельного агента, образующего поток. Результирующая модель будет зависеть от ряда параметров. Благодаря этому можно «изменять в мыслях обстоятельства, от которых зависит исход того или другого опыта, а всего плодотворнее непрерывное изменение, доставляющее полный обзор всех возможных случаев» – отмечал философ Э. Мах [10, с. 196]. Проблема моделирования как мысленного эксперимента поставлена в работах А.Е. Енина [11].

Критерии проверки качества проектного решения в современной трактовке авторы понимают как верификацию проектного решения. ГОСТ Р 59194 – 2020 «Управление требованиями. Основные положения» дает следующее определение понятия верификации. «Верификация объекта: подтверждение на основе объективных свидетельств того, что объект разработан в соответствии с требованиями». В случае агентного моделирования верификация представляет эксперимент по построению сценариев движения пешеходов. В сценарии реальные потоки горожан заменяются потоками агентов, каждый из которых моделирует отдельные черты поведения горожанина, и все агенты вместе создают пешеходные потоки. Задачами верификации архитектурно-планировочных решений являются:

- проверка достаточности линейных размеров дорожек и площадок для свободного движения пешеходных потоков,
- определение мест массового скопления посетителей с целью развития торговли и принятия дополнительных мер по безопасности,
- расстановка уличной мебели и средств навигации.

Метод моделирования

Агентное моделирование зародилось в 1990–2000 гг. и представляет собой разновидность имитационного моделирования. Агентное моделирование – это подход к моделированию и анализу систем, в котором система представлена как множество индивидуальных агентов, взаимодействующих друг с другом и с окружающей средой. Цель агентных моделей – получить представление об общем поведении системы, исходя из предположений об индивидуальном, частном поведении ее отдельных активных объектов и взаимодействии этих объектов в системе. Агент – некая сущность, обладающая активностью, автономным поведением, может принимать решения в соответствии с некоторым набором правил, взаимодействовать с окружением, а также самостоятельно изменяться. «Суть агентного подхода – точно описать в модели поведение агентов и окружающей их среды, чтобы потом наблюдать за поведением системы в целом» [12].

Преимущества метода агентного моделирования заключаются в предоставлении возможностей:

- исследовать системы без необходимости проведения реальных экспериментов,
- быстро проверять гипотезы и сценарии,
- оптимизировать процессы без риска потери реальных ресурсов,

- учитывать различные факторы влияния на систему,
- моделировать сложные взаимосвязи и оценивать влияние изменений на производительность и эффективность системы.

Для моделирования пешеходных потоков используется специальный тип агента – пешеход, который отличается «целенаправленным» поведением. Движение пешехода может подчиняться нескольким алгоритмам: модель притягивающих сил, газокинетическая модель, модель социальных сил [13].

С точки зрения урбанистики агентное моделирование является разновидностью сценарного подхода: «В урбанистике “сценарий” – это цепочки эпизодов средового поведения, объединенные сценарием или маршрутом движения» и далее «поведенческий сценарий – это усредненный вариант поведения группы людей, в котором сочетаются естественные желания человека с условностями и нормами внешнего мира» [14].

Инструментальные средства

Инструментальное средство для выполнения агентного моделирования – программа AnyLogic [15]. В AnyLogic есть разные визуальные языки моделирования: диаграммы процессов, диаграммы состояния, блок-схемы и диаграммы потоков и накопителей. Для разных типов моделей – модели пешеходных потоков, потоков транспорта – программа содержит специальные библиотеки.

Порядок построения модели

При использовании метода агентного моделирования для архитектурно-планировочных решений, сначала необходимо определить задачу, которую требуется решить. В нашем случае будет решена задача оценки эффективности различных городских планировочных решений, анализ потоков пешеходов и транспорта, оптимизация размещения зеленых зон в городской среде. Порядок построения модели:

1. Определить типы агентов, их поведение и взаимодействие, а также параметры среды, в которой они действуют. Например, агентами могут быть пешеходы, автомобили, здания и зеленые зоны, а параметрами среды – открытые общественные пространства города, видимость и доступность объектов и т. д.
2. Создать моделируемую среду, для этого используется графическая основа – проект архитектурно-ландшафтной реконструкции набережной, включающий территориальные особенности, расположение объектов инфраструктуры и пространство для активного отдыха.
3. Спроектировать сценарии поведения для каждого типа агентов в соответствии с принципами, описанными выше. Для проектирования сценария необходимо:
 - a. Программирование поведения агентов: задаем траектории движения для каждого типа агентов, как они перемещаются по пространству, взаимодействуют друг с другом и используют объекты инфраструктуры.
 - b. Определение начальной точки (исходной позиции).
 - c. Задать параметры модели: интенсивность прибывающего притока агентов, вероятности принятия решений при выборе того или иного пути, способы индикации параметров пешеходных потоков.

Пример моделирования

Объект проектирования – набережная Северского пруда в г. Полевском (рис. 1). На пространстве набережной имеется несколько объектов притяжения: 1) музей Северской домны, 2) место установки скульптурной группы «Цапля», 3) оборудованное место «Святой источник», 4) проектируемые объекты социального назначения: детская площадка, кафе, лодочная станция, навесная набережная, место для рыбалки и спортивная зона. Существующая инфраструктура предполагает два входа на территорию с ул. Вершинина и с ул. Партизанской в г. Полевском.

Основными задачами моделирования пешеходных потоков и построения разветвленной пешеходной сети является верификация проектного решения по благоустройству в части линейных размеров дорожек, площадок, определения мест массового скопления посетителей с целью развития торговли и принятия дополнительных мер безопасности. Задача следующего уровня: выбор оптимального сценария движения пешеходных потоков.



- Поток посетителей со входа по ул. Вершинина
- Поток посетителей со входа по ул. Партизанская

Рис. 1. Сценарии движения пешеходных потоков для набережной г. Полевского. Сост. С. А.-П. Окулова

Выбор агентов моделирования

Для анализа пешеходной активности на набережной приняты следующие группы агентов:

– *пешеходы* – основная группа агентов, которая движется пешком по набережной. В модели их можно представить как объекты, перемещающиеся по определенным маршрутам или случайным образом выбирающие направление движения. По мере достижения различных объектов пешеходы могут стать:

– *посетителями кафе и ресторанов*: люди, которые приходят на набережную для посещения кафе, ресторанов или других заведений, также могут влиять на пешеходную активность.

– посетителями достопримечательностей и мероприятий: туристы и жители города, посещающие различные достопримечательности или участвующие в мероприятиях на набережной, также вносят свой вклад в пешеходную активность.

Сценарии для агентов моделирования

Основные сценарии движения пешеходных потоков. Для проектирования потока принимаем, что поток с главного входа со стороны ул. Вершинина распределяется по 5 основным маршрутам: 1) музей, 2) детская площадка, 3) лодочная станция, 4) места для занятий спортом, 5) места для фото и медитации. Поток со стороны ул. Партизанской распределяется по 3 маршрутам: 1) рыбалка, 2) посещение святого источника, 3) детская и кафе. Затем потоки пересекаются и в зависимости от интересов и возраста посетителей, объединяет все потоки прогулочная дорожка вдоль набережной.

Логическая схема, соответствующая потокам на рис. 1, представлена на рис. 2.

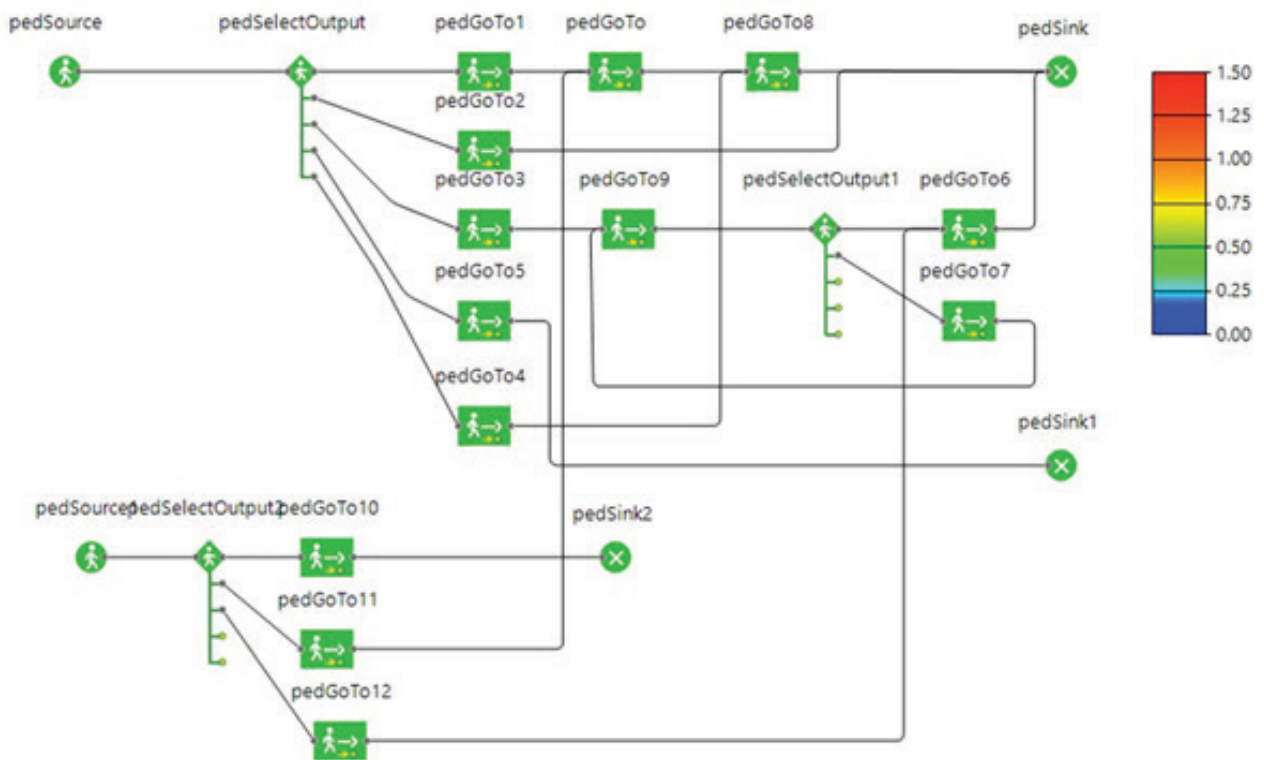


Рис. 2. Схема проектируемого распределения пешеходных потоков

На схеме представлены основные типы логических элементов:

- pedSource – источник пешеходного потока – входная группа, куда прибывает поток пешеходов с заданной интенсивностью;
- pedGoTo – элемент, описывающий движение пешехода вдоль выбранного отрезка, все отрезки перечислены выше при описании сценариев движения;
- pedSelectOutput – элемент, имитирующий решение пешехода о выборе дальнейшей траектории движения – принимается на основе вероятностей выбора того или направления движения; сценарная модель, в которой вероятности выбора направления определяются на основе когнитивных технологий, описана в работе [16],
- pedSink – внешний по отношению к модели источник прибывающих пешеходов

Сост. С. А.-П. Окулова

Параметры модели

Для моделирования пешеходных потоков вдоль набережной (рис.1) были установлены следующие параметры. Первый важный параметр – интенсивность притока посетителей. Для определения параметра была построена зона влияния объекта, исходя из принципа 10-минутной доступности, далее определен тип застройки и количество домов, попавших в зону влияния. Затем определяем плотность населения по «Нормативам градостроительного проектирования Свердловской области» пересчитываем на количество населения в зоне влияния [17]. Далее, полагаем, что в рекреационных услугах нуждаются 15% населения. Будем считать, что моделируем средний поток населения в течение дня и получаем количество посетителей в час. Результирующая цифра – примерно 100 человек в час. Следующий параметр моделирования – вероятность предпочтения того или иного маршрута, выражаемого элементом `pedSelectOutput`. Будем полагать, что все сценарии движения равновероятны, т.е. мы предполагаем, что у населения нет сложившихся устойчивых стереотипов при прогулках по набережной.

Результаты

Для интерпретации результатов необходимо уточнить, как результаты расчетов используются для верификации проектных решений. Результаты расчетов будем представлять в интегральной форме – в виде диаграммы плотности пешеходных потоков. Диаграмма плотности накладывается на проектное предложение, выраженное в форме графического файла, и проводится верификация проектного решения. Результаты наложения представлены на рис. 3.

Участки с наибольшей плотностью пешеходного потока показаны красным цветом. Наложение диаграммы плотности потоков на планировочное решение позволяет уточнить геометрические параметры планировочного решения: подобрать необходимые размеры площадок, ширины дорожек. Следующий шаг – работа с плотностью пешеходных потоков. В местах с наиболее плотными пешеходными потоками необходимо предусмотреть повышенные меры безопасности, например установить видеокамеры, средства для экстренного вызова полиции.

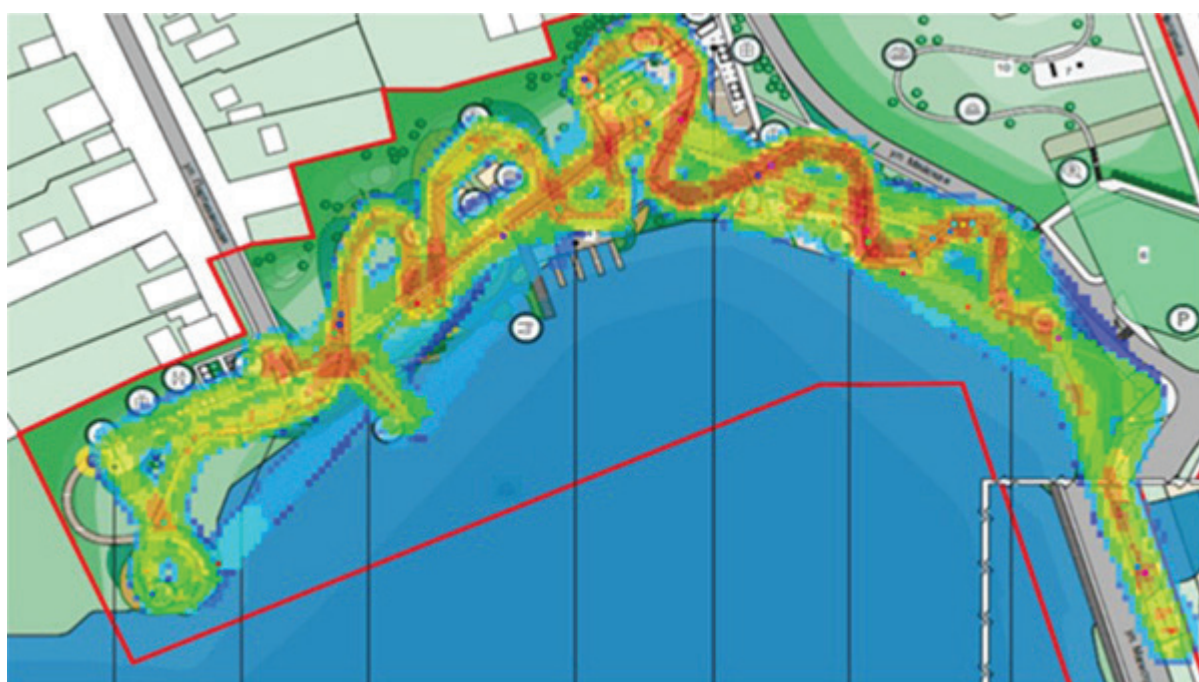


Рис. 3. Схема распределения пешеходных потоков в относительных единицах. Сост. С. А.-П. Окулова

Также в местах наиболее плотных пешеходных потоков можно установить торговые точки для стимулирования муниципальной экономики.

После пересчета и корректировки проектных решений авторы рекомендуют провести стресс-тест проектного решения, который заключается в проверке проектного решения в режиме пиковой нагрузки, когда население в условиях праздника или значимых социокультурных событий массово приходит на набережную. Для этого параметр модели «Интенсивность пешеходного потока» увеличен на 50%. Изменение начальных параметров оказалось достаточным для проверки предельной нагрузки на дорожно-тропиночную сеть на данной территории. В данном случае моделирование приводит к выводу, что не требуется дополнительных модификаций пешеходной сети.

В целом использование методов агентного моделирования позволяет оптимизировать проектное решение, обеспечить его устойчивость по отношению к пиковым нагрузкам и обогатить проектное решение инструментами для обеспечения безопасности и развития муниципальной экономики.

Заключение

Заявленная цель статьи заключалась в том, чтобы продемонстрировать возможности агентного моделирования для верификации проектных решений. Агентное моделирование в контексте настоящей статьи представляет собой эксперимент, в котором проектное решение верифицируется совокупностью агентов, каждый из которых наделен относительной самостоятельностью поведения. Каждый агент имеет собственную модель поведения, а в совокупности все агенты образуют пешеходный поток. В работе представлена модель поведения пешеходного вдоль набережной в г. Полевском. Расчет по модели позволил проверить качество планировочных решений, заложенных в проект набережной. Также был проведен стресс-тест планировочной модели в условиях экстремальной нагрузки. Для моделирования пешеходных потоков компьютерные агенты вполне адекватно способны имитировать поведение реального горожанина. Тем самым решается поставленная в начале статьи задача о необходимости проверки архитектурных решений на самых ранних стадиях проектирования.

Библиография

1. Овчинникова, Н.П. Основы науковедения архитектуры: учеб. пособие / Н.П. Овчинникова. – СПб.: С ПБГАСУ, 2011. – 288 с.
2. Талапов, В.В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий / В.В. Талапов. – М. : ДМК-Пресс, 2021. – 392 с. : ил.
3. Козлова, Т.И., Талапов, В.В. Опыт информационного моделирования памятников архитектуры / Т.И. Козлова, В.В. Талапов // *Architecture and modern information technologies*. – 2009. – № 3(8). – С. 4.
4. Шумилов, К.А., Гурьева, Ю.А. Моделирование сложных архитектурных объектов с использованием Grasshopper, Rhino и Archicad / К.А. Шумилов, Ю.А. Гурьева // *Инж.-строит. вестн. Прикаспия*. – 2022. – № 2 (40). – С. 145–150.
5. Захарова, Г.Б. LIM – Информационное моделирование ландшафта через взаимодействие с ГИС И BIM / Г.Б. Захарова // *Архитектон: известия вузов*. – 2022. – № 3(79).
6. Мазняк, Е.В. Практика применения концепции информационного моделирования ландшафтов (LIM) / Е.В. Мазняк // *Новые информационные технологии в архитектуре и стро-*

ительстве: мат-лы VII Междунар. науч.-практ. конф. 7–8 ноября 2024 г. – Екатеринбург, 2024. – С. 63

7. Явейн, О.И., Вахитов, Т.Р. О методах проектного моделирования в архитектуре. К постановке вопроса / О.И. Явейн, Т.Р. Вахитов // *Architecture and Modern Information Technologies*. – 2018. – №. 3 (44). – С. 60–72.
8. Лебедюк, Э.А. Агентное моделирование: состояние и перспективы / Э.А. Лебедюк // *Вестн. Рос. экон. ун-та им. ГВ Плеханова*. – 2017. – №. 6 (96). – С. 155–162.
9. Якимов, М.Р. Основные подходы к моделированию движения пешеходных потоков / М.Р. Якимов // *Мир транспорта*. – 2015. – Т. 13. – №. 4. – С. 166–173.
10. Мах, Э. Познание и заблуждение. Очерки психологии исследования / Э. Мах. – М., 2003. – 456 с.
11. Енин, А.Е. Понятие эксперимента в архитектуре как деятельности, направленной на гармонизацию взаимосвязи и взаимовлияния населения и среды его жизнедеятельности / А.Е. Енин // *Градостроительство*. – 2012. – №. 4. – С. 22–29.
12. Полянский, А.М., Смирнова, Е.А. Применение агентно-ориентированного подхода в архитектурном моделировании организационных систем / А.М. Полянский, Е.А. Смирнова. – URL: <https://vestnik.vogu35.ru/docs/2019/tekhnich/2/48.pdf>
13. Якимов, М.Р. Основные подходы к моделированию движения пешеходных потоков / М.Р. Якимов // *Мир транспорта*. – 2015. – Т. 13. – №. 4. – С. 166–173.
14. Крашенинников, А.В. Сценарное проектирование городской среды / А.В. Крашенинников // *Architecture and Modern Information Technologies*. – 2017. – №. 4(41). – С. 242–256.
15. Григорьев, И. – Anylogic за три дня. Практическое пособие по имитационному моделированию. URL: <https://www.anylogic.ru/resources/books/free-simulation-book-and-modeling-tutorials/>
16. Alexander Gushchin, Marina Divakova Design of associational cultural landscapes using cognitive technologies // *Conference: 4th International Multidisciplinary Scientific Conference on Social Sciences and Arts SGEM 2017*. Альбена. Болгария. 24–30 август 2017. С. 547-556
17. Нормативы градостроительного проектирования Свердловской области. НГПСО 1-2009.66. Екатеринбург: УралНИИпроект РААСН, 2009. – URL: <https://irbitskoemo.ru/upload/files/Нормативы%20градостроительного%20проектирования%20Свердловской%20области%20НГПСО%201-2009.66.pdf>

References

1. Ovchinnikova, N. P. (2011). *Fundamentals of science of architecture*. Saint-Petersburg: SPbGASU. (in Russian)
2. Talapov, V. (2022) *Fundamentals of BIM: introduction to information modeling of buildings*. Litres. (in Russian)
3. Kozlova, T.I., Talapov, V.V. (2009) An experience in information modeling of architectural monuments. *Architecture and Modern Information Technologies*, No. 3 (8), p.4. (in Russian)
4. Shumilov, K.A., Gurieva, Y.A. (2022). Modeling of complex architectural objects using Grasshopper, Rhino and Archicad. *Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Sea*, 2(40), p.45–150. (in Russian)
5. Zakharova, G.B. (2022). LIM – Information modeling of landscape through interaction with GIS and BIM. *Architecton: Proceedings of Higher Education*, 3(79). (in Russian)
6. Yavein, O.I., Vakhitov, T.R. (2018). Methods of project modeling in architecture. Towards the statement of the question. *Architecture and Modern Information Technologies*, 3 (44), p.0–72. (in Russian)

7. Lebedyuk, E.A. (2017) Agent-based modeling: status and prospects. Vestnik of the Plekhanov Russian University of Economics, 6 (96), p.55–162. (in Russian)
8. Yakimov, M.R. (2015). Main approaches to the modeling of pedestrian traffic. World of Transport, V.13, 4, p.66-173. (in Russian)
9. Gushchin, A.N., Divakova, M.N. (2019) Ontology of the educational process in the Master's degree program in architectural and landscape design. Moscow-Berlin. (in Russian)
10. Mach, E. (2003). Knowledge and Error: Sketches on the Psychology of Enquiry. Moscow: Binom. (in Russian)
11. Enin, A.E. (2012). The concept of experiment in architecture as an activity aimed at harmonizing the relationship and mutual influence of the population and its living environment. Gradostroitelstvo, 4, p.22–29. (in Russian)
12. Polyansky, A.M., Smirnova, E.A. (2024) Application of Agent-Based Approach in Architectural Modeling of Organizational Systems. Available at: <https://vestnik.vogu35.ru/docs/2019/tekhnich/2/48.pdf> (in Russian)
13. Yakimov, M.R. (2015) Main approaches to modeling of pedestrian flows. World of Transport, V.13, 4, p.166–173. (in Russian)
14. Krashennnikov, A.V. (2017). Scenario design of urban environment. Architecture and Modern Information Technologies, 4 (41), pp.242–256. (in Russian)
15. Grigoriev, I. (2024) Anylogic in three days. Practical Manual on Simulation Modeling. Available at: <https://www.anylogic.ru/resources/books/free-simulation-book-and-modeling-tutorials/> (in Russian)
16. Gushchin, A., Divakova M. (2017) Design of associational cultural landscapes using cognitive technologies. In: 4th International Multidisciplinary Scientific Conference on Social Sciences and Arts SGEM 2017. Albena, Bulgaria, 24–30 August 2017, pp.547–556
17. Urban planning norms of the Sverdlovsk region. NGPSO 1-2009.66. Yekaterinburg. (2009). URALNIIPROEKT RAASN. Available at: <https://irbitskoemo.ru/upload/files/Нормативы%20градостроительного%20проектирования%20Свердловской%20области%20НГПСО%201-2009.66.pdf> (in Russian)

Ссылка для цитирования статьи

Окулова С.А.-П. Опыт использования метода агентного моделирования для проверки качества архитектурно-планировочного решения / С.А.-П. Окулова // Архитектон: известия вузов. – 2024. – №4(88). – URL: http://archvuz.ru/2024_4/16/ – doi: [https://doi.org/10.47055/19904126_2024_4\(88\)_16](https://doi.org/10.47055/19904126_2024_4(88)_16)

© Окулова С.А.-П., 2024



Лицензия Creative Commons

Это произведение доступно по лицензии Creative Commons «Attribution-ShareAlike» («Атрибуция - на тех же условиях»). 4.0 Всемирная

Дата поступления: 16.10.2024