

туристов и разных групп населения города. Этот слой соответствует сенсорам в математической модели Розенблатта. Обнаружение совпадений с компьютерной моделью на ассоциативном слое позволяет идентифицировать доминирующие компоненты городской среды – прототипы элементов модели Розенблатта, которые легли в основу первых нейросетей.

По результатам исследования был сделан вывод о том, что с появлением новых возможностей искусственного интеллекта обработка больших объемов данных, недоступных для обработки одним исследователем, становится возможной. Поэтому схема на основе модели Розенблатта может быть эффективным инструментом для выявления необходимых параметров критериев архитектурно-пространственной идентичности городской среды.

#### Список литературы

1. *Баринова, Е. В.* Идентичность и (сто) личность: кризис оригинальности / Е. В. Баринова // Наука, образование и экспериментальное проектирование в МАРХИ: Тезисы докладов. В 2 т. Т. 1. – Москва: МАРХИ, 2024. – С. 342–343.
2. *Еремина, Е. В.* Понятие региональной идентичности и специфика ее формирования в современной России / Е. В. Еремина // Социально-гуманитарные знания: научно-образовательное издание. Вып. № 5. – Пенза: ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет», 2012. – С. 276–287.
3. *Есаулов, Г. В.* Об идентичности в архитектуре и градостроительстве / Г. В. Есаулов // *Academia*. Архитектура и строительство. – 2018. – № 4. – С. 12–18.
4. *Иванова, О. А.* Идентичность архитектурно-пространственной среды городов – административных центров Тюменской области / О. А. Иванова // Наука, образование и экспериментальное проектирование в МАРХИ: Тезисы докладов. В 2 т. Т. 1. – Москва: МАРХИ, 2024. – С. 343.
5. *Кэмпбелл, С.* Идентичность и меняющаяся роль столиц в эпоху глобализации: Доклад на заседании Ассоциации американских географов, Питтсбург, штат Пенсильвания, 4–8 апреля 2000 г. / С. Кэмпбелл; пер. с англ. М. Бендент. – URL: file:///C:/Users/30029579/Downloads/identichnost-i-menyayuschayasayarol-stolits-v-epohu-globalizatsii%20(1).pdf (дата обращения: 10.05.2024).
6. *Robertson, R.* A minimal phase model of globalization / R. Robertson // Featherstone M. (ed.) *Global culture. Nationalism, globalization and modernity*. – London, 1990.
7. *Rosenblatt, F.* Perceptron: a probabilistic model of information storage and processing in the brain. / F. Rosenblatt // *Psychological Review*. – 1958. – № 65 (6). – P. 386–408.

*М. Д. Синицын*

*M. D. Sinitsyn*

### *Метод построения градостроительного прогноза развития территорий с использованием нейросети Leonardo.AI на примере восточного сектора Московской агломерации*

### *A method for constructing an urban planning forecast for the development of territories using the Leonardo.AI neural network using the example of the eastern sector of the Moscow agglomeration*

**Ключевые слова:** метод, прогнозирование, инерционный сценарий, Московская агломерация, цифровые технологии, ИТ, нейросети, Leonardo.AI

**Keywords:** method, forecasting, inertial scenario, Moscow agglomeration, digital technologies, IT, neural networks, Leonardo.AI

**Аннотация.** В статье описан метод градостроительного прогнозирования с помощью искусственной нейронной сети Leonardo.AI, приведены входные данные для построения прогноза, дано определение инерционного развития, предлагается вариант дальнейшего использования полученного прогнозного сценария инерционного развития.

**Abstract.** The article describes the method of urban planning forecasting using an artificial neural network Leonardo.AI, the input data for making a forecast are given, defines inertial development, and describes a method of urban planning forecasting using an artificial neural network Leonardo.AI, a variant of further use of the obtained predictive scenario of inertial development is proposed.

Алексей Эльбрусевич Гутнов писал о прогнозном проектировании следующее: «Прогноз – это инструмент научного предвидения, который мало знаком архитектору. Если проект имеет целью выявление оптимального, т. е. наиболее желаемого варианта развития города, то прогноз направлен на определение наиболее вероятного результата этого процесса»<sup>1</sup>.

Сценарное проектирование является итогом градостроительного анализа, включающим выявление, анализ и предполагаемое решение проблем территории путем создания сценариев развития территории, критериев оценки сценария и выбора наилучшего из вариантов для дальнейшего моделирования. Градостроительный инерционный прогноз развития территории – это модель развития, в которой характер роста каркаса и ткани города принимается за независимый фактор роста с сохранением тенденции к распространению. Прогноз

<sup>1</sup> *Гутнов, А. Э.* Эволюция градостроительства / А. Э. Гутнов. М.: Стройиздат, 1984.

является продолжением инерционного сценария, который характеризуется ростом планировочной структуры с сохранением основных пространственных характеристик ее формы с течением времени, «узнаваемости территориальной формы».

При исследовании роста планировочных структур восточного сектора Московской агломерации была выявлена модель поведения городской ткани, сохраняющаяся, начиная с 1862 по 2023 год, при которой рост городской ткани имел волнообразную динамику развития с предшествующим ему развитием транспортного каркаса города, а также устойчивую тенденцию к заполнению участков, свободных от застройки, участков с существующим природным ландшафтом (с замещением последнего) и сращивания застроенных территорий друг с другом. При этом существует главный вектор роста планировочной структуры, который зависит от наличия транспортной артерии в непосредственной близости от растущей структуры, и ряд направлений роста урбанизированных территорий, не зависящих от транспорта.

Просчитывать векторы роста и их влияние на будущее развитие города целесообразнее с использованием цифровых технологий, таких как искусственные нейронные сети.

Метод опробован на примере построения прогноза инерционного роста застроенной территории. В качестве искусственной нейронной сети для выполнения прогноза была выбрана нейросеть генеративного типа Leonardo.AI, которая предназначена для генерации картинок и в основе своей имеет модель *stable diffusion*. Входными данными служит текстовый запрос – *Prompt*, а также возможна генерация с использованием показателя «схожести» – *Strength*. В данной нейросети существуют модели – *Finetuned model*. Они представляют собой наборы настроек и базу данных, на которых обучалась нейросеть. Предобученные разработчиками или пользователями модели могут качественно поливать на результат, поскольку каждая модель используется для своих задач. В апробации

используется модель *DreamShaper v7* с основой в виде *stable diffusion v1.5*, предназначенная для создания изображений различных объектов в разных стилях. Ее ограничения связаны исключительно с набором данных, на которых строилось обучение модели, но, как правило, подобного рода информация не разглашается.

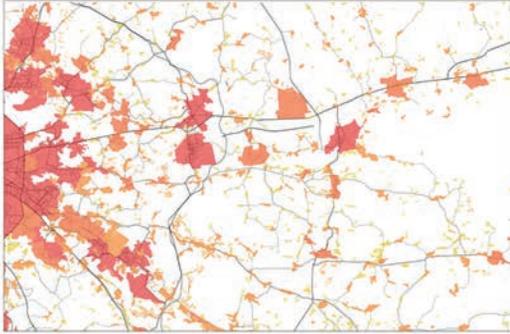
Так как нейросеть генерирует изображения, основываясь на некотором исходном изображении (независимо от его содержательного смысла), показателе схожести генерируемого изображения с исходным и запросе для генерации (заданном в виде текста), были выявлены пограничные значения параметра схожести, при которых выходное изображение становится абсолютно схожим с исходным или преобразуется в объект, слишком далекий от заданного (к примеру маковое поле), а также запрос, отвечающий требованиям моделирования, но максимально упрощенный для машинного восприятия.

За исходное изображение была взята схема существующих административных границ муниципальных образований востока Московской агломерации, разделенных по типам поселений: городские крупные, городские малые и сельские (отмеченные на рисунке 2 красным, оранжевым и желтым цветом соответственно), с транспортной инфраструктурой. Административные границы поселений на данном этапе использовались как упрощенная интерпретация застроенных территорий для отработки методики прогнозирования роста урбанизированных территорий.

Формулировка текстовых запросов содержала упрощенное описание схемы и задачу для генерации. Например: «Красные, желтые, оранжевые пятна нарисованы на белом фоне. Увеличить количество цветных пятен на 50%». В процессе генерации было замечено, что нейросеть плохо распознает количественные характеристики и значения некоторых слов, в частности, при переводе на английский язык «цвета» могут быть распознаны как «цветы». Формирование качественного текстового запроса является ключевой задачей при генерации сценария.



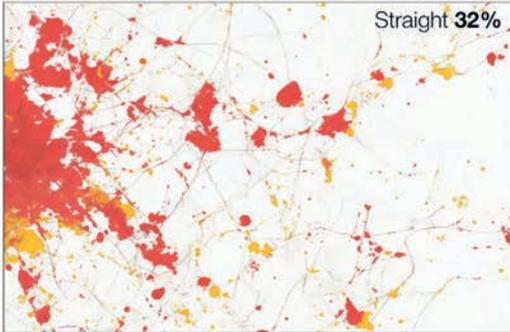
Рис.1. Схемы фиксации роста планировочной структуры г. Люберцы по историческим картам и аэрофотоснимкам. 1838-1980 гг.

**Входное изображение**

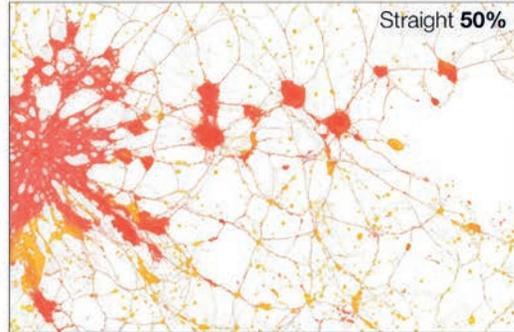
There is much more red color. There is much more orange color. There is much more yellow color.



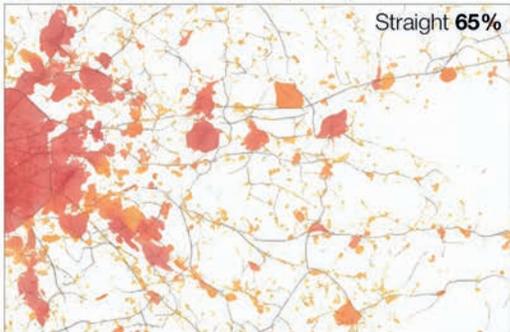
Red, yellow, and orange spots are painted on a white background. Increase color spots by 50%



Red, yellow, and orange spots are painted on a white background. Increase color spots by 50%



Red, yellow, and orange spots are painted on a white background. Increase color spots by 50%



Red, yellow, and orange spots are painted on a white background. Increase color spots by 50%

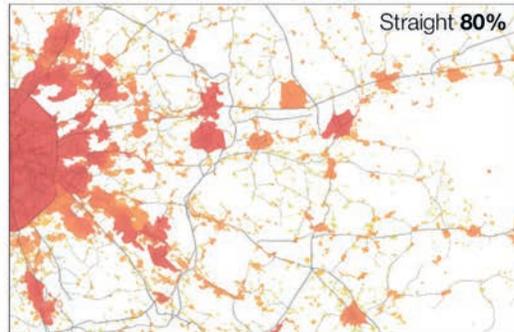


Рис. 2. Вариации инерционного сценария развития в зависимости от схожести с исходным изображением и текстового запроса

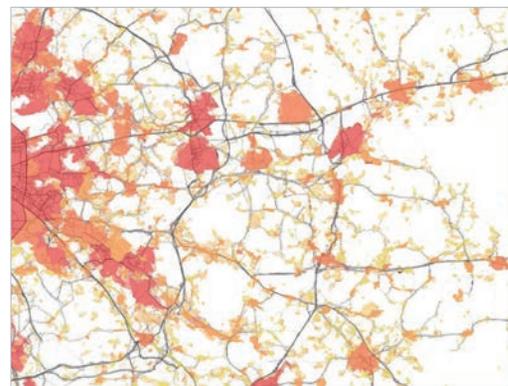


Рис. 3. Прогноз развития застроенных территорий восточного сектора Московской агломерации, построенный с использованием нейросети Leonardo.AI

Удовлетворительным следует признать результат с 65% схожести и хорошим – с 80% (рис. 2). Последний обладает чертами, характеризующими инерционный сценарий развития, то есть: пространственной преемственностью формы планировочной структуры и вариативностью новых формирований. При генерации нейросетью изображения в планировочной структуре агломерации произошли изменения: форма и площадь урбанизированных территорий видоизменилась, появились новые сельские поселения.

Основываясь на оптимальных для генерации инерционного сценария параметрах, было создано 5 вариантов исходного изображения, после чего наложены друг на друга, с целью максимизации вариативности изменений в планировочной структуре. Помимо этого, поверх вариантов была наложена схема существующего положения, с целью отразить преемственность формирования внутреннего устройства городской ткани. После наложения получена итоговая схема, удовлетворяющая описанию и инерционному прогнозу развития урбанизированных территорий.

Полученная структура имеет дисперсный характер расположения сельских урбанизированных территорий. Преобладает увеличение числа сельских населенных пунктов, формирование новых транспортных связей, по принципу продолжения существующих магистралей, не доходящих до города, а также рост больших и средних городов по всему периметру. Из прогноза следует, что процесс срастания застроенных территорий принимает массовый характер (рис. 3).

Дальнейшее масштабирование имеющегося инерционного прогноза по разработанному методу закономерно приведет к распространению урбанизированных территорий на большую часть предполагаемого природного ландшафта.

Разработанный метод имеет ряд преимуществ и недостатков:

- универсальность метода позволяет построить прогнозную ситуацию для любой градостроительной структуры, при наличии схемы застроенных территорий и транспортного каркаса;
- процесс построения происходит с высокой скоростью;
- использование метода может предоставить большой объем вариантов развития планировочной структуры;
- прогнозирование с использованием исключительно генеративных моделей искусственных нейронных сетей не отличается точностью построения;
- невозможность введения дополнительных характеристик, влияющих на генерацию изображения.

Дальнейшее использование полученного прогноза может быть следующим:

1. Сравнение с существующим фактическим положением, с помощью которого будут выявлены области расширения территорий городских поселений.
2. Планировка выявленных областей роста на основе морфотипа застройки, сдерживающего дальнейший рост урбанизированных территорий и предполагающего проникновение зеленого каркаса в городскую ткань.
3. Построение прогноза на основе видоизмененной схемы существующего положения, скорректированного специалистом, может быть полезно в моделировании развития регионов или городов.

#### Список литературы

1. Гутнов, А. Э. Эволюция градостроительства / А. Э. Гутнов. – Москва : Стройиздат, 1984.
2. Крашенинников, А. В. Сценарное проектирование городской среды // *Architecture and Modern Information Technologies*. – 2017. – № 4 (41). – С. 242-256. – URL: [http://marhi.ru/AMIT/2017/4kvart17/18\\_krashennnikov/index.php](http://marhi.ru/AMIT/2017/4kvart17/18_krashennnikov/index.php) (дата обращения: 19.05.2024).
3. Кудрявцев, Ф. С. Градостроительное планирование в эру больших данных, масштабов и скорости изменения городов / Ф. С. Кудрявцев // *Геоурбанистика и градостроительство: теоретические и прикладные исследования* / Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова, Рос. акад. архитектуры и строит. наук ; отв. ред. А. Г. Махрова. – Москва : Геогр. фак. МГУ, 2021. – С. 28-48.
4. Кудрявцев, Ф. С. Динамика обновления городских территорий и градостроительная структура: модели взаимозависимости / Ф. С. Кудрявцев // *Architecture and Modern Information Technologies*. – 2010. – № 4 (13). – URL: <https://marhi.ru/AMIT/2010/4kvart10/kudryavtsev/abstract.php> (дата обращения: 19.05.2024).
5. Синецын, М. Д. Построение инерционного сценария развития территорий с использованием нейросети Leonardo.AI на примере восточного сектора Московской агломерации / М. Д. Синецын // *Наука, образование и экспериментальное проектирование : тезисы докладов международной научно-практической конференции, 8-12 апреля 2024 г. В 2 т. Том 1* / Московский архитектурный институт. – Москва : МАРХИ, 2024. – С. 378-379.
6. Синецын, М. Д. Прогнозирование и моделирование пространственной структуры агломераций с использованием нейросетей на примере развития восточного сектора Московской агломерации / М. Д. Синецын // *Наука, образование и экспериментальное проектирование: Материалы научно-практической конференции, 3-7 апреля 2023 г.: Сб. тезисов. В 2 т. Т. 1.* – Москва : МАРХИ, 2023. – С. 326-327.
7. Сосновский, В. А. Прикладные методы градостроительных исследований / В. А. Сосновский, Н. С. Русакова. – Москва : Архитектура-С, 2006.
8. Geddes, P. *Cities in evolution / an introduction to the town planning movement and to the study of civics* / P. Geddes. – London : Royal sanitary institute library, 1915.
9. Xinhao Pan. Modeling urban expansion by integrating a convolutional neural network and a recurrent neural network / Xinhao Pan, Zhifeng Liu, Chunyang He, Qingxu Huang // *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. – 2022. – Vol. 112. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2022.102977> (дата обращения: 19.05.2024).