

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2024. Т. 26. № 3. С. 37–46.

ISSN 1607-1859 (для печатной версии)
ISSN 2310-0044 (для электронной версии)

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2024; 26 (3): 37–46.

Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 721.05

DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-3-37-46

EDN: YZJAJG

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ЗАДАЧЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ УМНОГО ГОРОДА (НА ПРИМЕРЕ ИННОПОЛИСА)

Петр Андреевич Пылов¹, Роман Вячеславович Майтак¹,
Анна Владимировна Дягилева¹, Татьяна Анатольевна Шалыгина²

¹Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово, Россия

²Томский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Томск, Россия

Аннотация. Рассматриваются особенности архитектурной застройки, планировки и оснащения умного города с помощью интеграции алгоритмов и методов искусственного интеллекта.

В качестве *объекта исследования* был выбран город-спутник Казани – Иннополис, который проектировался как город для IT-специалистов.

Актуальность выбранной темы обусловлена стремительными темпами цифровизации, проникающей во все отрасли человеческой деятельности, в том числе в проектирование городов и градостроительство.

Выводы. Систематизация знаний, которые легли в основу проектирования современного отечественного умного города, опыт развития Иннополиса могут стать базой для более быстрого перехода других населенных пунктов в статус смарт-городов.

Ключевые слова: градостроительство, искусственный интеллект, умный город, архитектура зданий

Для цитирования: Пылов П.А., Майтак Р.В., Дягилева А.В., Шалыгина Т.А. Искусственный интеллект в задаче проектирования умного города (на примере Иннополиса) // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2024. Т. 26. № 3. С. 37–46. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-3-37-46. EDN: YZJAJG

ORIGINAL ARTICLE

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN DESIGN OF SMART CITY
(THE INNOPOLIS CASE STUDY)

Petr A. Pylov¹, Roman V. Maitak¹,
Anna V. Dyagileva¹, Tat'jana A. Shalygina²

¹Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, Russia

²Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia

Abstract. The paper studies the architectural development, layout and equipment of a smart city based on integration algorithms and artificial intelligence methods. Innopolis, a satellite city of Kazan designed as a city for IT specialists, is an object of research. The relevance of the work is determined by rapid digitalization, which penetrates in all branches of human activity, including urban design and urban planning. The knowledge systematization of a smart city can become the basis for a faster transition of other settlements to smart cities based on the experience of the Innopolis development.

Keywords: urban planning, artificial intelligence, smart city, architecture

For citation: Pylov P.A., Maitak R.V., Dyagileva A.V., Shalygina T.A. Artificial intelligence in design of smart city (the Innopolis case study). Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2024; 26 (3): 37–46. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-3-37-46. EDN: YZJAJG

В эпоху быстро развивающегося технологического прогресса понятие «умный город» становится всё более актуальным. Семантика термина «умный город» обобщает созданную человеком взаимосвязанную систему информационных и коммуникативных технологий, с помощью которых значительно упрощается управление внутренними городскими процессами, а жизнь становится комфортнее и безопаснее [1].

Отметим, что приведенное определение даёт лишь общие опорные критерии, по которым можно выделить из списка городов умные. При этом степень отличия одного умного города от другого определение не поясняет, что дополнительно вносит некоторую степень расплывчатости в семантику термина. На сегодняшний день де-факто сложилось мнение [2], что умный город должен включать в себя:

- 1) развитую цифровую инфраструктуру;
- 2) систему безопасности, интегрированную с интеллектуальными алгоритмами;
- 3) оптимальное управление энергоресурсами;
- 4) оптимизацию транспортной архитектуры, предполагающую возможность перехода к более современному виду транспорта.

Первый пункт является наиболее обширным классом с точки зрения автоматизации, т. к. предполагает цифровую трансформацию большинства процессов (и некоторых профессий в целом), обеспечивающую многократное повышение качества предоставляемой жителям умного города услуги. Оставшиеся (второй, третий и четвертый) пункты в иерархии автоматизации являются

подзадачами первого. Так, охранник в школе умного города замещается специальным программно-аппаратным комплексом, который:

- во много раз быстрее сможет выполнить проверку лиц, посещающих общеобразовательное учреждение;
- обеспечивает круглосуточное исполнение обязанностей, исключаящее усталость, потерю концентрации и другие недостатки, свойственные человеку;

– в связке с другими информационно-технологическими объектами умного города может согласованно решать многие косвенные задачи: поиск пропавшего ребенка, уведомление родителей о прибытии детей в школу и т. д.

Отметим, что степень развитости цифровой инфраструктуры во многом зависит от объёма вовлечения методов искусственного интеллекта в автоматизацию процесса – это объясняется тем, что аппаратная часть оставляет запас вычислительной мощности для интеллектуальных устройств, поэтому обычные пользователи смогут получить более высокий комфорт от автоматизации при наличии более совершенной программной части (новые интеллектуальные алгоритмы).

Рассмотрим путь становления умного города на примере самого молодого города России – Иннополиса. На территории, где сейчас находится одна из столиц отечественной IT-индустрии, в мае 2012 г. простирались равнинные поля Верхнеуслонского района Республики Татарстан. Поскольку именно эта полуавтономная область в составе Российской Федерации выступала с инициативой строительства, было решено организовать умный город таким образом, чтобы он мог предоставить жителям досуг в гармонии с природой, но вместе с тем был не слишком территориально удалён от третьей столицы России.

Оптимальным вариантом, удовлетворяющим двум условиям, стала правобережная северо-восточная часть Приволжской возвышенности на месте слияния р. Свияги с Волгой. Выбранное местоположение было удалено от Казани всего на 40 км, а для завершения логистической развязки оставалось добавить подъезд от федеральной трассы М7, соединяющей Москву и Казань.

После выбора местоположения следующим пунктом стала разработка проекта умного города. Поскольку умный город должен был стать российской Кремниевой долиной, проект необходимо было прорабатывать с чистого листа, для чего был приглашен известный специалист в области архитектуры Лиу Тай Кер [3]. Однако ориентация города на высокие технологии требовала их привлечения уже на этапе создания проекта, поэтому генерация идей также осуществлялась с использованием интеллектуальных программ. Отметим, что одна из идей (рис. 1) конфигурации объектов умного города, предложенных алгоритмом прикладного искусственного интеллекта, была поддержана большинством голосов.

Изучив представленную генерацию (рис. 1) интеллектуальной модели, ознакомимся с утвержденным проектом начальной застройки Иннополиса (рис. 2).

Визуальное сопоставление данных рис. 1 и 2 позволяет сформулировать некоторые результаты наблюдений.



Рис. 1. Схема конфигурации основных объектов Иннополиса, предложенная интеллектуальной системой на этапе планирования проекта умного города. Синей буквой «У» обозначено здание университета, а буквой «Т» – технопарк (первый технопарк Иннополиса; после застройки назван в честь физика А.С. Попова). Нанесение букв на представленную схему, ориентирующих по объектам инфраструктуры, выполнено при помощи программного продукта Adobe Photoshop 2022

Fig. 1. The model of Innopolis main objects proposed by the intelligent system at the planning stage of the smart city project. Blue letters "Y" and "T" indicate the university building, and technopark, respectively

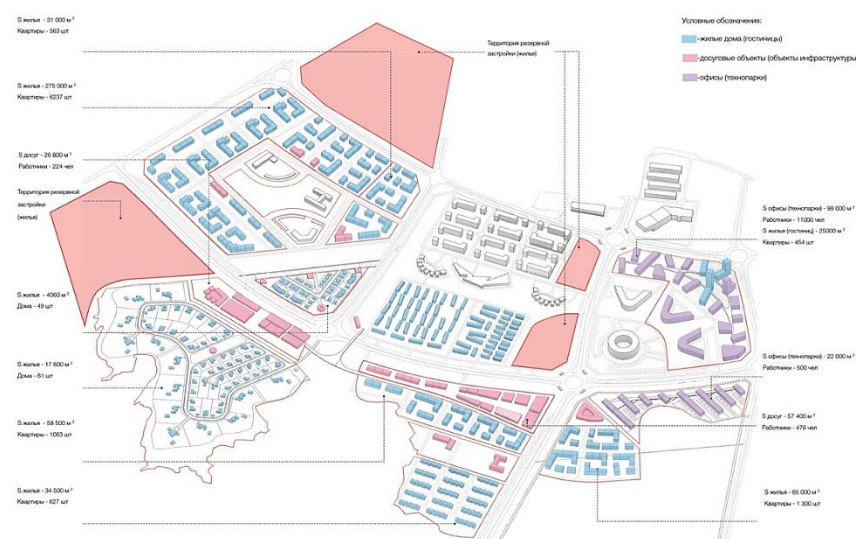


Рис. 2. Утвержденный проект начальной застройки (основных объектов, необходимых для жизни) Иннополиса. Проектная документация стартовой застройки Иннополиса с уточняющими условными обозначениями

Fig. 2. Approved design of the initial (basic facilities necessary for life) development of Innopolis. Design documentation of the Innopolis start-up development with clarifying conventional designations

1. Архитектурная форма высшего учебного заведения детально совпадает с генерацией (рис. 3). Ориентация здания по отношению к первому транспортному кольцу осталась без изменений.

2. Относительно небольшое территориальное удаление, а также подъезд ко второму транспортному кольцу, на которое выходит технопарк, также остались без существенных изменений.

3. Архитектурная форма технопарка, представленная в виде «шайбы», была утверждена в проекте.

4. Окружение технопарка тремя дополнительными кампусами, каждый из которых представлен в виде сплюснутого по бокам полукруга, напоминающего букву «л», представлено в проекте аналогично генерации.

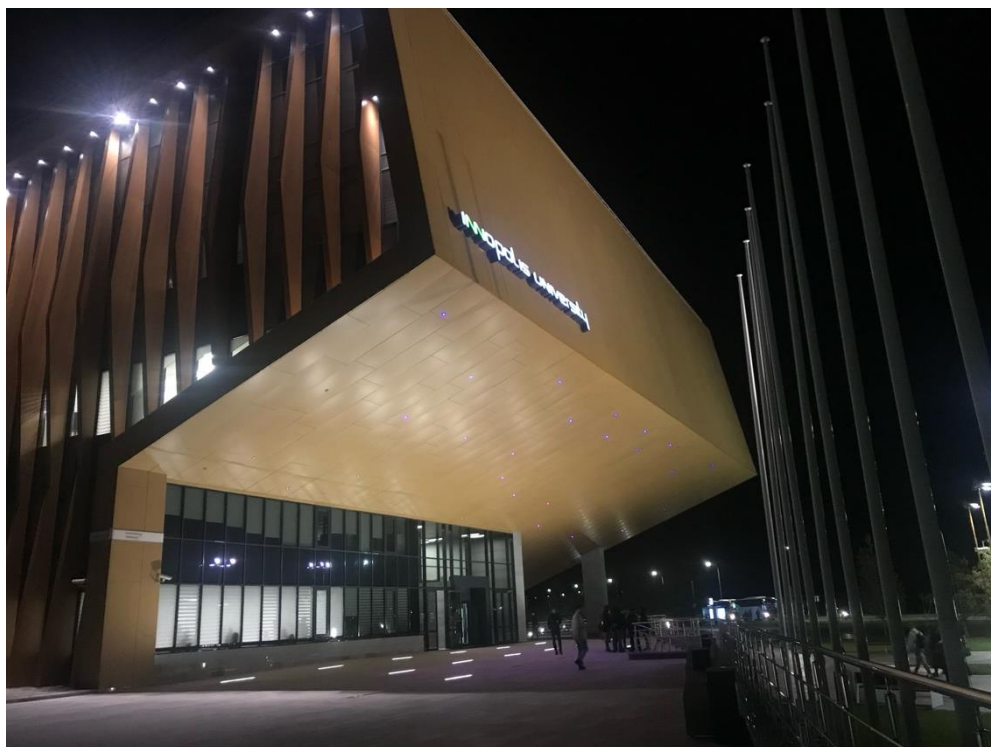


Рис. 3. Здание университета Иннополис. Форма и декоративное оформление торца вертикальными реечными элементами совпадают с генерацией интеллектуальной модели (см. рис. 1), предложенной ещё на этапе проекта города. Фото авторов

Fig. 3. Innopolis University building. The shape and design of the end with vertical slatted elements coincide with that generated by the intellectual model (Fig. 1). The photo is taken by the author

Лепта искусственного интеллекта, вносимая в проект создания умного города, не ограничилась только проектом города. Так, для сохранения возможности развития и безопасного тестирования беспилотного транспорта интеллектуальной системой было предложено устройство подземного перехода между университетом и технопарком. Эта идея также была поддержана и в дальней-

шем воплощена в жизнь, однако в 2012 г. принятию такого решения способствовали следующие обстоятельства:

– Застройка в живописном месте слияния рек географически находилась на незащищенной лесополосой равнине, частые порывы северного ветра могли негативно влиять на комфорт жителей при пешем передвижении по основной городской улице в условиях начального строительства.

– В крупных городах Татарстана для регулирования транспортных потоков и снижения количества автомобильных заторов распространенным решением стала организация подземных пеших переходов (по сравнению с другими городами соседствующих с республикой регионов их заметно больше в Казани, Набережных Челнах). На основании распространенной и отработанной практики подобное предложение интеллектуальной модели не вызвало критики.

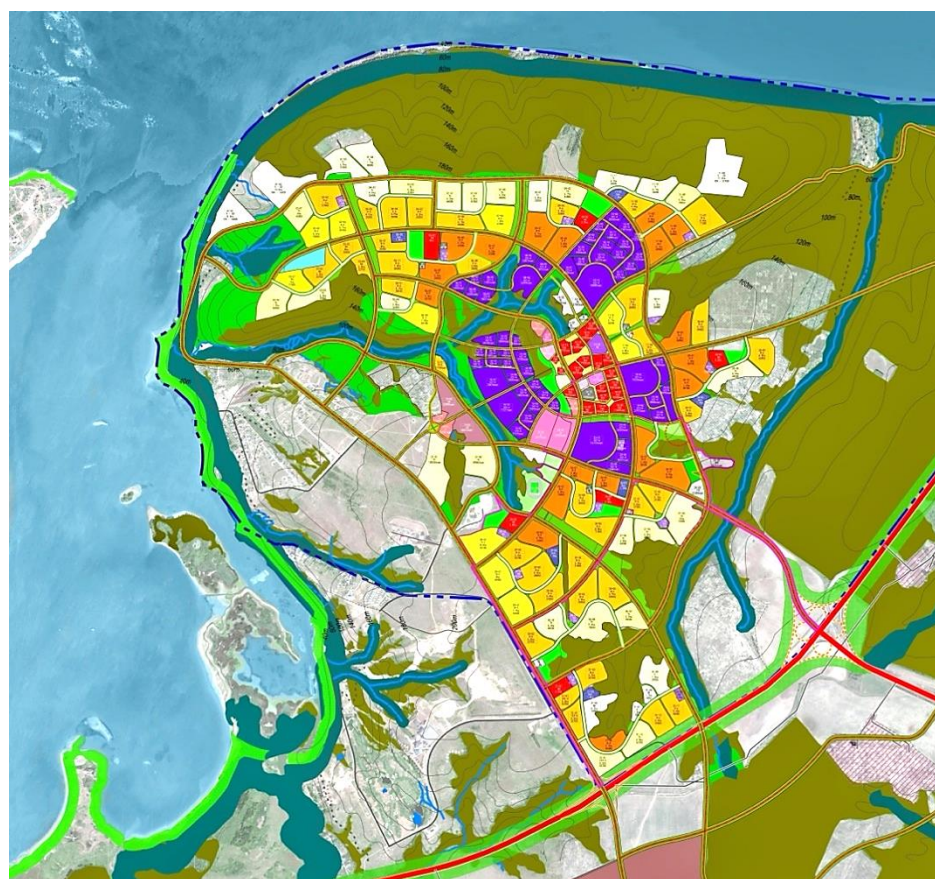
Спустя 6 лет после начала строительства – с ноября 2018 г. – в Иннополисе началось тестирование, а затем и коммерциализация беспилотного транспорта [4]. Наличие системы подземных переходов значительно облегчило интеграцию этого явления в жизнь, т. к. наземные испытания могли проводиться без риска для пешеходов.

После завершения строительства в 2015 г. Иннополис стал заселяться жителями. В том же году стартовал первый массовый набор в автономную некоммерческую организацию высшего образования «Университет Иннополис». Прогресс в области прикладного искусственного интеллекта не стоял на месте, поэтому самые передовые технологии одними из первых в России внедрялись в жизнь именно в Иннополисе:

– Общий чат жителей был перенесён в мессенджер Telegram, который является гибким инструментом, позволяющим интегрировать в группы интеллектуальные модели. Одной из таких моделей стала «виртуальная консьерж Инна» (URL: <https://hightech.fm/2021/04/01/inna-bot>), с помощью которой общие вопросы жителей (например, уточнение расписания пассажирского транспорта) стали решаться без участия человека. Только спустя несколько лет голосовые и виртуальные помощники стали интегрироваться в банковские приложения, получив широкое распространение.

– Беспилотный транспорт стал функционировать в умном городе во многом благодаря его компактному расположению, что позволило быстрее отточить алгоритмы правильного построения карт местности (рис. 4) и отработать нестандартные ситуации. Беспилотное такси Иннополиса, ввиду территориального соседства с дикой природой, сталкивалось с проблемой внезапного появления на проезжей части не только человека, но и представителей фауны, например зайцев. Отработка всех возможных ситуаций инженерами на ограниченном городском пространстве привела к тому, что по состоянию на февраль 2024 г. жители совершили более 40 тыс. поездок без присутствия водителя.

– Беспилотные дроны-доставщики могут доставлять готовую еду, продукты питания, а также малогабаритные товары до адресата по воздуху. Отдельные проекты [5] позволяли заказчику получать посылки непосредственно через окно своего жилища. Только после апробации в Иннополисе проекты доставщиков появились в других крупных городах страны (в том числе в Москве и Санкт-Петербурге).



Детализированный мастер-план территории «Иннополис»

Библиотека, Музей, Дом культуры, Места, Конференц-центр, Места, Конференц-центр, Детский сад, Двор для игр, Центр оздоровления, Парк/ландшафтный клуб, Парк, Парк/ландшафтный клуб, Жилые дома, IT-парк, Университет, Архитектурная олимпиада, Ресурс-СБ, Зона для такси, 9-этажные здания (Ген-П), 4-6-этажные здания (Ген-П), 3-этажные здания (Ген-П), 1-3-этажные здания (Ген-П)

Рис. 4. Карта местности Иннополиса, которая использовалась для обучения беспилотного транспорта. Разделение территории на зоны, представленные на карте, позволило многократно увеличить точность навигации беспилотников (такси и дронов) (детализированный мастер-план территории «Иннополис»)

Fig. 4. Innopolis map used for training unmanned transport. The territory zoning allows multiplying the navigation accuracy of drones (taxi and drones) (detailed master plan of the Innopolis territory)

– Умные дома подразумевают систему бесконтактного доступа – открытие двери по биометрическим данным (сканирование лица, радужной оболочки глаза или отпечатка пальца), а также наличие усовершенствованной системы жилищно-коммунального хозяйства: в большинстве домов показатели индивидуальных приборов учета автоматически отправляют информацию о расходе электроэнергии и воды, а владельцу остается только оплатить счета.

– Роботизированная гостиница подразумевает замещение всех должностей, которые традиционно занимал человек, электронными работниками. Для анализа предпочтений клиентов исследуются открытые данные из их соци-

альных сетей, а для контроля уровня удовлетворенности предоставляемыми услугами и сервисом – анализ интонации речи, выражения лица и эмоций.

Популярность умного города и третьего наукограда Российской Федерации превысила ожидаемые прогнозы, поэтому утверждённый план развития Иннополиса до 2035 г. включает в себя планировку дополнительных жилых зданий и имплементацию инфраструктуры современного города: медицинских центров, галерей, детских центров, гостиниц (рис. 5).

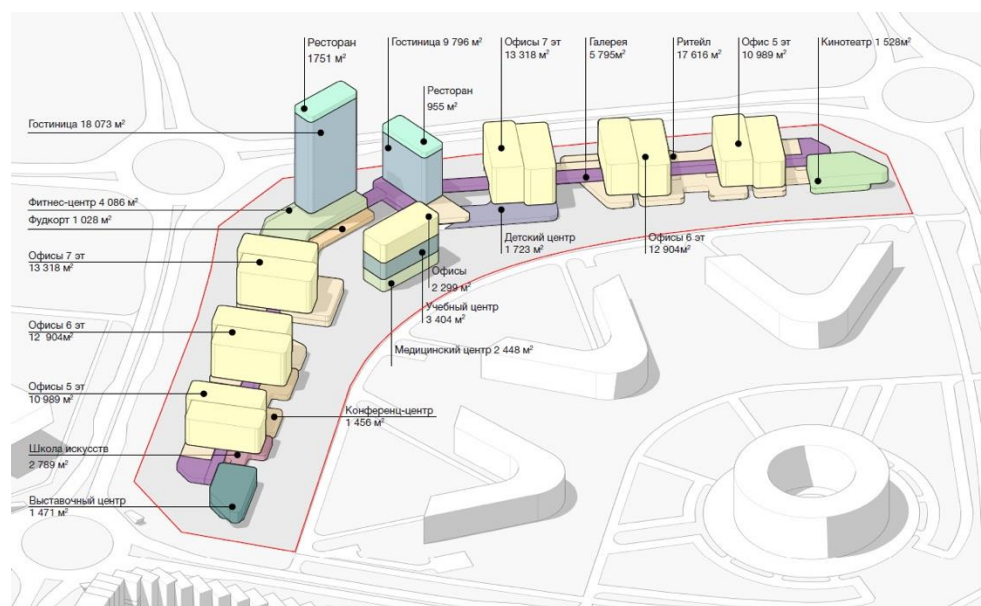


Рис. 5. Проект генерального плана развития муниципального образования «город Иннополис» до 2035 г. Источник: официальный портал правовой информации Республики Татарстан¹

Fig. 5. Draft master plan of Innopolis city development till 2035. Source: Official legal information portal of the Republic of Tatarstan

Отметим, что задачу создания дизайн-проекта внешнего облика и внутреннего устройства будущих зданий (рис. 5) также предполагается делегировать искусственному интеллекту [6], при этом конечный вариант каждой постройки будут выбирать жители на основе голосования.

Выводы

Рассмотренные в статье объекты архитектуры, а также способы их размещения в городском пространстве были получены с помощью инструментария прикладного искусственного интеллекта. Отличительные объекты архитектуры Иннополиса – здания университета и технопарка – являются первыми в своем роде, т. к. за основу проекта были приняты сгенерированные искусственной нейронной сетью изображения. Этот исторический факт подчерки-

¹ URL: https://pravo.tatarstan.ru/file/npa/2019-12/482849/npa_482850.pdf

вает особое место в современном социуме информационных технологий, которые проникли во все сферы человеческой деятельности, во многом облегчая не только рутинный, но и творческий труд людей.

Стоит отметить, что реализация проекта умного города во многом увеличила скорость интеграции инновационных технологий с реалиями повседневной жизни: апробация роботов-доставщиков, метод построения карт местности на основе разбиения города по зонам – все эти факторы в совокупности позволили формализовать правила, по которым функционируют беспилотные устройства. Для создания таких правил в рамках больших городов потребовалось бы парализовать движение определенного сектора мегаполиса, что неизбежно повлекло бы за собой негативные последствия как для жителей, так и для экономики в целом.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Волков А.А., Седов А.В., Челышков П.Д. Концепция «Умный город». – Москва : Московский государственный строительный университет. ЭБС АСВ, 2015. 92 с. ISBN 978-5-7264-1202-3.
2. Smith J. Cleaning Robots: Technology, Trends, and Future Perspectives. ABC Press, 2021. 250 p.
3. Девинь М. Шесть городов для новаторов // Архи Ру. 2024. URL: <https://archi.ru/russia/70664/shest-gorodov-dlya-novatorov?ysclid=lsgk9329w9463092859> (дата обращения: 11.02.2024).
4. Смирнов Д. Бессмертный дрон, умные домофоны и новая валютная система: что изобрели и внедрили в Иннополисе за 10 лет // Хайтек. 2024. URL: <https://hightech.fm/2022/06/09/innopolis-discoveries> (дата обращения: 11.02.2024).
5. Бондаревская О. Сердце умного города // Общественно-политическое издание «Татарстан». 2022. URL: <https://protatarstan.ru/news/tema-nomera/serdze-umnogo-goroda-innopolis?ysclid=lsgku7hxq7841187560> (дата обращения: 11.02.2024).
6. Хабибуллин Р. План проекта развития Иннополиса // Официальный портал правовой информации Республики Татарстан. 2024. URL: https://pravo.tatarstan.ru/file/npa/2019-12/482849/npa_482850.pdf (дата обращения: 11.02.2024).

REFERENCES

1. Volkov A.A., Sedov A.V., Chelyshkov P.D. Smart City Concept. Moscow: ASV, 2015. 92 p. ISBN 978-5-7264-1202-3. (In Russian)
2. Smith J. Cleaning Robots: Technology, Trends, and Future Perspectives. ABC Press, 2021. 250 p.
3. Devigne M. Six cities for innovators. Available: <https://archi.ru/russia/70664/shest-gorodov-dlya-novatorov?ysclid=lsgk9329w9463092859> (accessed February 11, 2024). (In Russian)
4. Smirnov D. Deathless drone, smart intercoms and new currency system: What Innopolis has invented and implemented during 10 years Available: <https://hightech.fm/2022/06/09/innopolis-discoveries> (accessed February 11, 2024). (In Russian)
5. Bondarevskaya O. The heart of a smart city. Available: <https://protatarstan.ru/news/tema-nomera/serdze-umnogo-goroda-innopolis?ysclid=lsgku7hxq7841187560> (accessed February 11, 2024). (In Russian)
6. Habibullin R. Innopolis development project plan. Available: https://pravo.tatarstan.ru/file/npa/2019-12/482849/npa_482850.pdf (accessed February 11, 2024). (In Russian)

Сведения об авторах

Пылов Петр Андреевич, аспирант, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28, pylovpa@kuzstu.ru

Майтак Роман Вячеславович, магистрант, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28, super-energy@mail.ru

Дягилева Анна Владимировна, канд. техн. наук, доцент, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28, dyagileva@mail.ru

Шалыгина Татьяна Анатольевна, канд. техн. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, shal53@mail.ru

Authors Details

Petr A. Pylov, Research Assistant, Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28, Vesennaya Str., 650000, Kemerovo, Russia, pylovpa@kuzstu.ru

Roman V. Maitak, Graduate Student, Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28, Vesennaya Str., 650000, Kemerovo, Russia, super-energy@mail.ru

Anna V. Dyagileva, PhD, A/Professor, Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28, Vesennaya Str., 650000, Kemerovo, Russia, dyagileva@mail.ru

Tat'jana A. Shalygina, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, shal53@mail.ru

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors contributions

The authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.