



НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 625.72

DOI: 10.52957/2782-1919-2025-6-4-67-79

Использование искусственного интеллекта в контексте проектирования автомобильных дорог

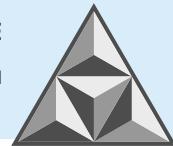
Л.А. Богуславский, Г.В. Проваторова

Леонид Анатольевич Богуславский*, Галина Владимировна Проваторова

Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых,

Владимир, Российская Федерация

*leon1dbogi@gmail.com**, *asf.inst@yandex.ru*



Рассмотрены современные направления применения технологий искусственного интеллекта (ИИ) в проектировании автомобильных дорог, включая автоматизацию проектных процессов, обработку инженерных данных, моделирование транспортных потоков для повышения эффективности функционирования дорожно-транспортной инфраструктуры. Представлен обзор текущего состояния и тенденций развития ИИ в дорожной отрасли на примере практик, реализуемых в Российской Федерации. Особое внимание уделено внедрению систем «цифрового двойника», обеспечивающих комплексную интеграцию ИИ в процессы моделирования и принятия управленческих решений. Отмечены ограничения, связанные с представлением больших объемов достоверных сведений, сложностью адаптации алгоритмов к нормативной базе и необходимостью экспертной оценки результатов. Показаны перспективы развития таких технологий в контексте устойчивого развития дорожной отрасли.

Ключевые слова: автомобильные дороги, автоматизированное проектирование, искусственный интеллект, эффективность, нейронные сети

Для цитирования:

Богуславский Л.А., Проваторова Г.В. Использование искусственного интеллекта в контексте проектирования автомобильных дорог // Умные композиты в строительстве. 2025. Т. 6, вып. 4. С. 67-79. URL: <https://comincon.ru/ru/nauka/issue/6779/view>

DOI: 10.52957/2782-1919-2025-6-4-67-79



SCIENTIFIC ARTICLE

DOI: 10.52957/2782-1919-2025-6-4-67-79

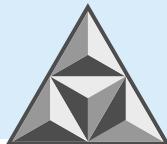
The use of artificial intelligence within the design of automobile roads

L.A. Boguslavskiy, G.V. Provatorova

Leonid Anatolievich Boguslavskiy*, Galina Vladimirovna Provatorova

Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletov, Vladimir, Russian Federation

*leon1dbogi@gmail.com**, *asf.inst@yandex.ru*



The paper considers contemporary trends in the use of artificial intelligence (AI) technologies in road design. These include the automation of design processes, engineering data processing, and traffic flow modelling to improve the efficiency of road transport infrastructure. The authors provide an overview of the current state and trends in AI development in the road industry, using examples of practices implemented in the Russian Federation. The authors pay particular attention to the introduction of 'digital twin' systems that ensure the comprehensive integration of AI into modelling and management decision-making processes. The authors note the limitations associated with the presentation of large amounts of reliable information, the complexity of adapting algorithms to the regulatory framework, and the need for expert evaluation of the results. Prospects for the development of such technologies in the context of sustainable development in the road industry.

Keywords: highways, computer-aided design, artificial intelligence, efficiency, neural networks

For citation:

Boguslavskiy L.A., Provatorova G.V. The use of artificial intelligence within the design of automobile roads // *Smart Composite in Construction*. 2024. Vol. 6, Iss. 4. P. 67-79.
URL: <https://comincon.ru/ru/nauka/issue/6779/view>

DOI: 10.52957/2782-1919-2025-6-4-67-79



ВВЕДЕНИЕ

Искусственный интеллект (далее – ИИ) сегодня реализуется в развитии междисциплинарных направлений на стыке информатики, математики, кибернетики и инженерных наук. Важной задачей исследований в данной области является создание алгоритмов и систем, способных имитировать ключевые элементы человеческого мышления – обучение, прогнозирование, анализ данных и принятие решений в условиях неопределенности. В отличие от традиционного программного обеспечения, ИИ обладает способностью к самообучению и адаптации, что обеспечивает эффективное функционирование систем в изменяющейся среде без необходимости ручного корректирования алгоритмов [1].

Проектирование автомобильных дорог в современных условиях представляет собой комплексную многопараметрическую задачу, включающую учет геологических условий местности, климатических факторов, характеристик транспортных потоков, требований безопасности дорожного движения, экологических ограничений и экономических показателей. Традиционные инженерные методы зачастую не обладают достаточной гибкостью для быстрого и качественного анализа массивов разнородных данных, что приводит к увеличению сроков строительства дорог и перерасходу бюджетных средств. В этой связи внедрение технологий искусственного интеллекта и нейросетевых моделей открывает новые возможности для оптимизации процессов в дорожном строительстве, автоматизировать отдельные этапы и повысить достоверность принимаемых решений [2].

Теоретические предпосылки применения нейронных сетей в проектировании дорог

В 2019 г. Указом Президента Российской Федерации на период до конца 2030-х годов утверждена Национальная стратегия развития искусственного интеллекта – основополагающий документ, в котором определены приоритетные направления государственной политики в области ИИ. Стратегия ориентирована на формирование благоприятной среды для внедрения и широкого распространения технологий ИИ в различных отраслях экономики, социальной сфере, системе государственного управления. Особое внимание уделяется ускоренной разработке и интеграции ИИ-решений, способствующих росту эффективности производственных и управлеченческих процессов, технологической модернизации и укреплению международной конкурентоспособности страны [3].

Одним из наиболее перспективных направлений является использование ИИ в сфере транспортного проектирования. Искусственный интеллект, особенно нейросетевые алгоритмы, представляют собой эффективный инструмент для анализа больших массивов разнородных данных и выявления в них скрытых взаимосвязей.

Благодаря способности к самообучению нейронные сети демонстрируют высокую эффективность в работе с неполными или неопределенными данными, что особенно ценно при проектировании инфраструктуры в сложных природных и технико-экономических условиях.

Российский опыт внедрения искусственного интеллекта в дорожной отрасли

В Российской Федерации наблюдается устойчивый рост интереса к внедрению технологий ИИ в процессы проектирования и управления дорожной инфраструктурой. Одним из приоритетных направлений в этой области стала разработка и внедрение цифровых двойников транспортных объектов. Показательным примером является использование



платформы «Цифровой двойник» в Москве. Эта платформа предоставляет широкие возможности для моделирования различных сценариев развития улично-дорожной сети и комплексной оценки последствий их реализации. Цифровые модели востребованы при проектировании новых магистралей, а также в рамках реконструкции и модернизации существующих дорог. По имеющимся данным, внедрение указанной платформы позволяет сократить на 30% сроки проектирования и снизить на 15% затраты на строительство [4].

Цифровой двойник, по своей сути – интегрированная информационно-аналитическая система, обеспечивающая визуализацию, моделирование и прогнозирование изменений в городской среде. С помощью этой системы создаются трехмерные модели как отдельных объектов, так и более масштабных территориальных единиц – микрорайонов или участков городской инфраструктуры. Это упрощает процессы архитектурного и инженерного проектирования, а также ускоряет этапы согласования дорожных работ.

Одним из функциональных преимуществ использования цифровых двойников является возможность работы с различными информационными слоями, отражающими текущее, историческое и планируемое состояние территорий. Также доступны данные о подземных и наземных коммуникациях, схемах организации дорожного движения и других элементах инфраструктуры. Такая мультислойная структура позволяет комплексно оценивать потенциальные изменения городской среды, учитывать не только визуальные и архитектурные аспекты, но и функциональные характеристики будущей застройки (рис. 1, 2).

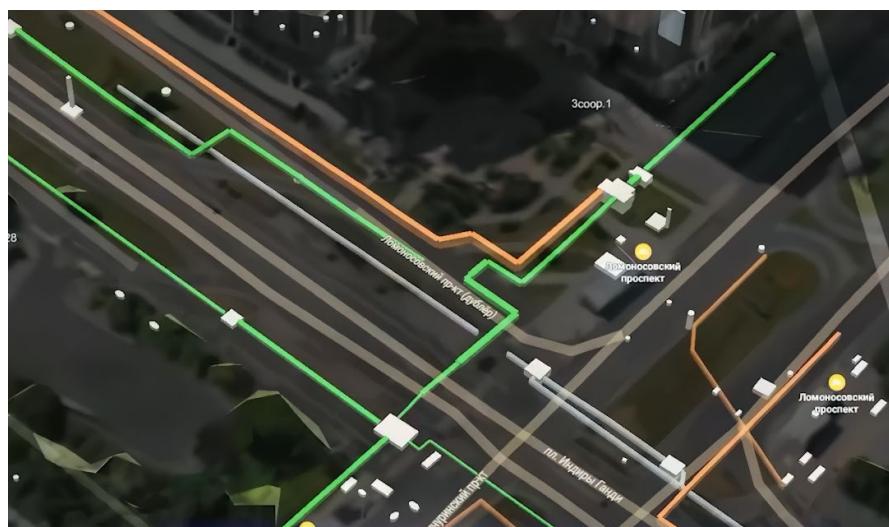


Рис. 1. Магистральные сети в «Цифровом двойнике»

Fig. 1. Primary highway system in the "Digital Twin"



Рис. 2. Интеграция камер видеонаблюдения в «Цифровом двойнике»

Fig. 2. Integration of CCTV cameras into the 'Digital Twin'



Интегрированные модули платформы цифрового двойника предоставляют возможность прогнозировать последствия различных градостроительных и инфраструктурных решений. Речь идет, в частности, о строительстве новых объектов, реконструкции существующих элементов улично-дорожной сети, а также изменении параметров транспортной организации.

Примером практического применения таких инструментов служит реконструкция Большого Каменного моста в Москве. С помощью цифрового двойника удалось моделировать влияние частичного перекрытия движения на транспортные потоки в прилегающих районах. На основании полученных данных были разработаны альтернативные сценарии и выбраны решения, позволяющие минимизировать негативное воздействие на транспортную доступность территории и повседневную мобильность населения (рис. 3) [4].

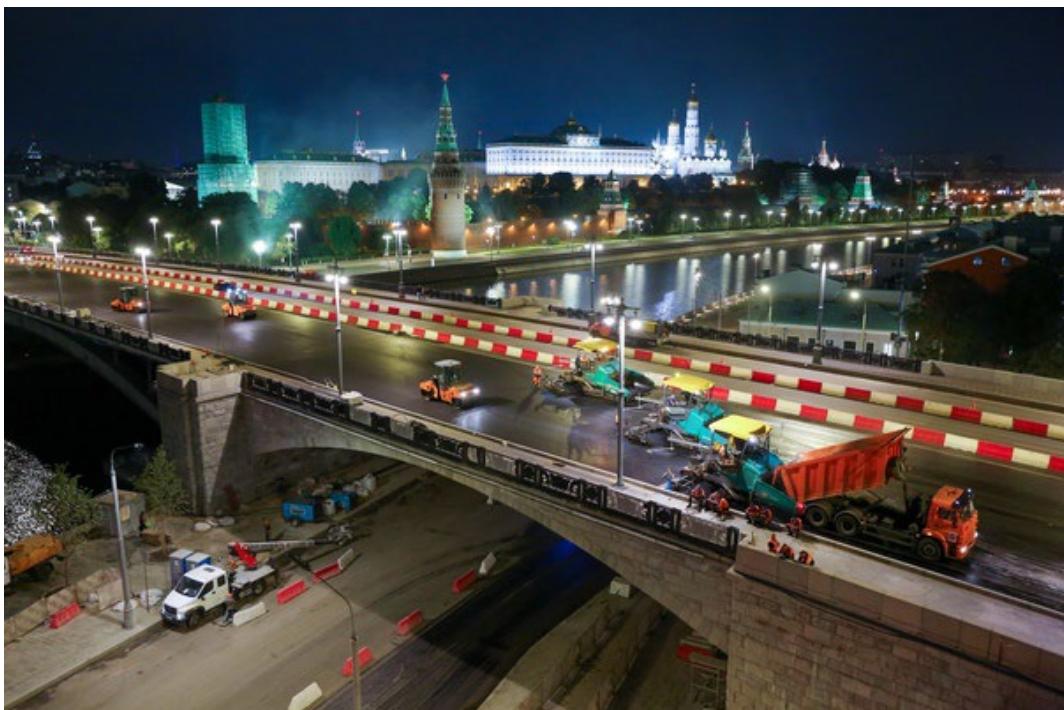


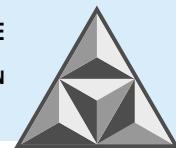
Рис. 3. Реконструкция «Большого каменного моста»

Fig. 3. Reconstruction of the «Bolshoy Kamenny» Bridge

В Российской Федерации в последние годы наблюдается развитие технологий мониторинга состояния дорожной инфраструктуры с использованием инструментов ИИ. Одним из наиболее перспективных направлений является применение искусственных нейронных сетей для анализа визуальной информации с видеокамер, установленных на транспортных средствах (см. рис. 4).

Использование подобных систем позволяет оперативно выявить дефекты дорожного покрытия и организовать своевременное проведение ремонтных мероприятий, что в совокупности способствует улучшению эксплуатационного состояния и качества автодорожной сети.

Методические основы функционирования интеллектуальных систем, как правило, базируются на технологиях компьютерного зрения, в частности, обработке изображений и видеопотоков, поступающих с камер, размещенных как на подвижных, так и стационарных объектах. Нейросетевые алгоритмы и методы машинного обучения в автоматизированном режиме обеспечивают идентификацию и классификацию различных видов повреждений, включая трещины и выбоины дорожного покрытия, деградацию элементов дорожной разметки и т.п.



ДАННЫЕ О СОСТОЯНИИ ДОРОГИ

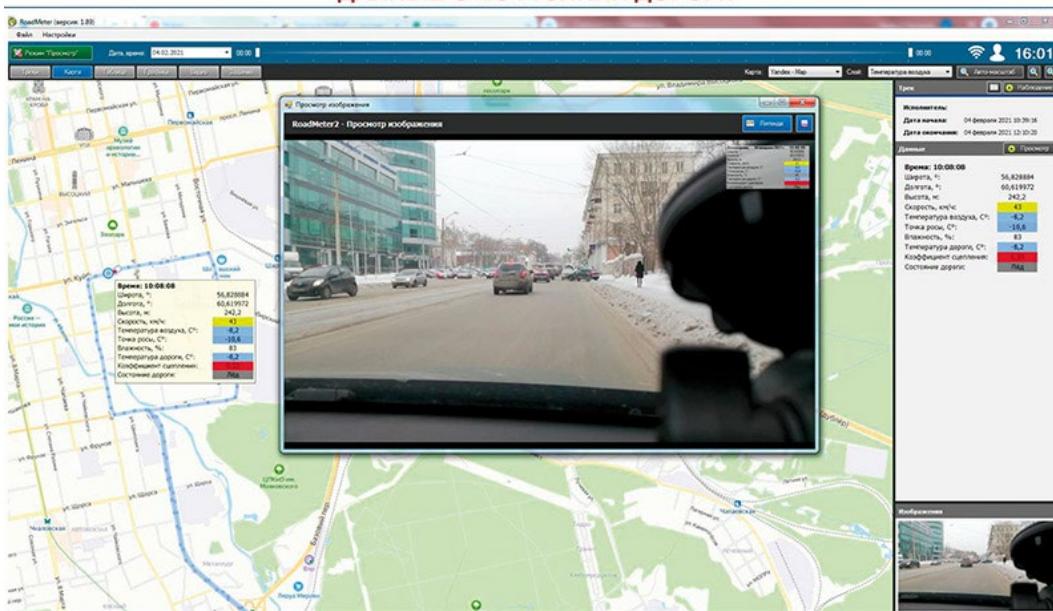


Рис. 4. Сбор данных мобильным комплексом

Fig. 4. Data collection by a mobile complex

Дополнительным преимуществом внедрения ИИ является возможность автоматического выявления нарушений в состоянии дорожных знаков, светофорных объектов, барьерных ограждений. Более того, интеллектуальные системы способны фиксировать наличие посторонних предметов, мусора, в присутствии которых снижается безопасность дорожного движения на проезжей части и в прилегающих зонах. Комплексное применение данных технологий – важный шаг в направлении формирования безопасной и высокоэффективной транспортной инфраструктуры [5].

Искусственный интеллект и нейросети на этапе проектирования дорог

В настоящее время технологии искусственного интеллекта (ИИ) начинают внедряться в процесс подготовки проектной документации для объектов транспортной инфраструктуры Российской Федерации. Несмотря на относительно раннюю стадию применения, ИИ обладает высоким потенциалом в части снижения трудоемкости рутинных операций и сокращения сроков выполнения инженерных задач.

Выделим несколько направлений, в которых использование ИИ демонстрирует наибольшую эффективность при проектировании автомобильных дорог:

1. *Информационное моделирование объектов.* Интеграция алгоритмов ИИ с технологиями информационного моделирования позволяет формировать цифровые модели дорожных сооружений с высокой степенью детализации. Такие модели обеспечивают согласованность проектных данных, их актуальность и целостность, что способствует минимизации проектных ошибок и повышению качества итоговых решений [6].

2. *Анализ и интерпретация больших массивов данных.* Искусственный интеллект применяется для обработки разнородных данных, включая геологические характеристики, климатические условия, параметры транспортных потоков и другие значимые факторы. Использование ИИ в этом контексте повышает обоснованность инженерных решений, в том числе – при выборе конструктивных элементов и материалов с учетом территориальных и эксплуатационных особенностей [7].



3. *Оптимизация проектных решений.* Методы машинного обучения позволяют осуществлять комплексную оценку альтернативных проектных вариантов с учетом экономических, экологических и эксплуатационных критериев. Это обеспечивает возможность формирования сбалансированных решений, соответствующих современным требованиям в области устойчивого развития транспортной инфраструктуры.

По мере дальнейшей цифровизации проектной отрасли применение ИИ и нейросетевых алгоритмов приобретает прикладной характер. Современные программные комплексы, основанные на принципах ИИ, способствуют решению широкого ряда специализированных задач, существенно ускоряя процессы подготовки технической документации [8].

Наиболее значимые этапы проектирования дорог, на которых технологии ИИ демонстрируют высокую эффективность:

1. *Концептуальное проектирование и трассировка дорог.* Технологии искусственного интеллекта находят применение на ранних этапах проектирования транспортной инфраструктуры, в частности, при определении оптимального варианта трассировки. Используя алгоритмы анализа пространственных данных, ИИ способен учитывать широкий спектр факторов – от топографических и градостроительных условий до инженерно-геологических и природоохранных ограничений.

2. *Геометрическое проектирование.* На данном этапе технологии искусственного интеллекта применяют для автоматизации расчетов ключевых параметров трассы. В частности, ИИ-системы позволяют определить радиусы криволинейных участков, продольных уклонов, ширины проезжей части и обочин, с учетом нормативных требований и ограничений рельефа (см. рис. 5).

Расчет минимальных элементов плана и продольного профиля

Ж 1 Минимальный радиус кривой в плане с учетом скорости и коэффициента трения по скользящему фрагменту

$R_{min} = \frac{V_{расч}^2}{127(\mu + i_n)}$

где i_n – минимальный радиус кривой в плане, м
 $V_{расч}$ – расчетная скорость, м/с
 μ – коэффициент трения скольжения, измер. К.т.
 i_n – минимальный радиус кривой части профиля

Нормативные значения	Фактические значения профилей из таблицы
100	0,00
150	0,00
200	0,00
300	0,04
400	0,04
500	0,04
600	0,04
700	0,04
800	0,04
900	0,04
1000	0,04

Сделай расчет по данной формуле. Запроси у меня исходные данные которые потребуются

Формула:

$$R_{min} = \frac{V_{расч}^2}{127(\mu + i_n)}$$

Исходные данные:

- Скорость $V_{расч} = 60$ км/ч
- Коэффициент поперечной силы $\mu = 0,15$
- Поперечный уклон $i_n = 0,04$

Расчет:

$$R_{min} = \frac{60^2}{127 \times (0,15 + 0,04)}$$

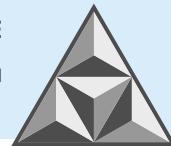
Выполним вычисление.

Минимальный радиус кривой R_{min} составляет примерно 149,19 м. [•]

Рис. 5. Пример выполнения расчета минимального радиуса кривой в плане с помощью ChatGPT

Fig. 5. An example of calculating the minimum radius of a curve in a plan using ChatGPT

Кроме того, с использованием алгоритмов машинного обучения становятся доступными автоматизированное построение продольного профиля дороги, генерация типовых поперечных сечений, а также возможно моделирование схем водоотведения с проезжей части. Эти функции позволяют ускорить процесс перехода от концептуального проекта к рабочей документации. Дополнительно на основе ИИ могут разрабатываться скрипты и алгоритмические модули, предназначенные для расчетов объемов земляных масс, нагрузок на конструктивные элементы дорожной одежды и оценки устойчивости земляного полотна.



3. Подготовка документации и отчетов. Одним из перспективных направлений является использование алгоритмов обработки естественного языка, позволяющих не только структурировать текст, но и автоматически проверять его соответствие действующим нормативно-техническим требованиям, включая актуальные версии ГОСТ, СНиП и СП (рис. 6).

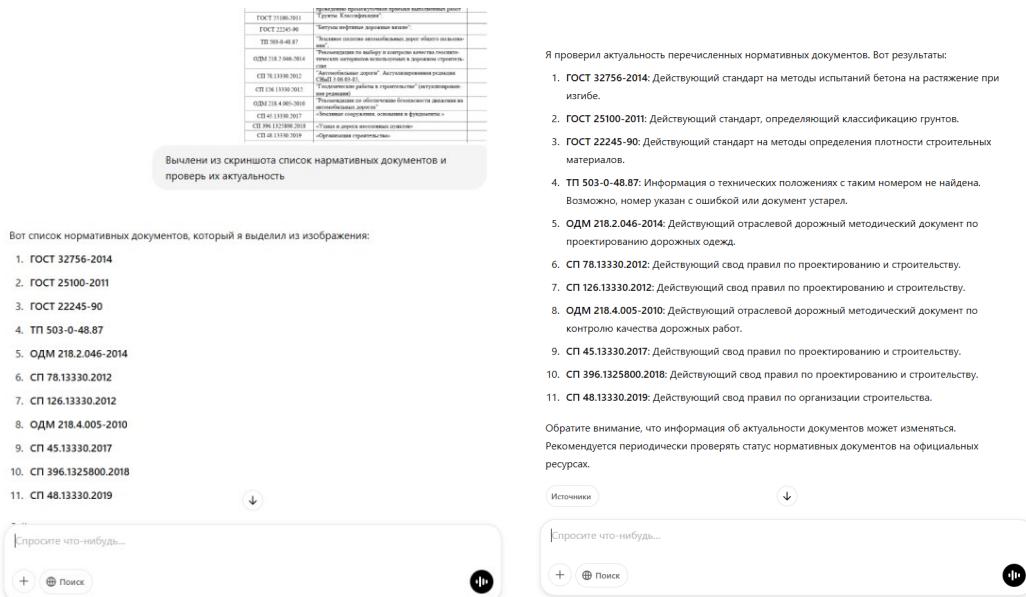


Рис. 6. Проверка актуальности используемой нормативной базы с помощью ChatGPT

Fig. 6. Verifying the relevance of the regulatory framework used with ChatGPT

В частности, ИИ-системы демонстрируют высокую эффективность при составлении пояснительных записок, технических отчетов и ведомостей по объемам работ. Программные модули, разработанные на основе машинного обучения, могут автоматически выявлять несоответствия в ссылках на нормативные документы, контролировать единообразие терминологии и корректность оформления таблиц и схем. Кроме того, ИИ учитывает региональные регламенты, если они интегрированы в базу данных обучающей модели.

Проведем сравнение традиционного метода проектирования и метода, включающего использование функций ИИ для определения трудо- и временных затрат. В табл. 1 представлен такой анализ из расчета на 1 км дороги в населенном пункте. На основании данных табл. 1 и критического анализа выявлены ключевые преимущества применения ИИ:

- сокращение сроков и затрат на проектирование (за счет автоматизации рутинных операций и ускорения обработки инженерной информации);

- повышение точности инженерных расчетов и прогнозирования (за счет возможности анализа больших массивов разнородных данных – геологических, климатических, транспортных и др.);

- повышение безопасности проектируемых объектов (за счет моделирования потенциально аварийных сценариев и разработки соответствующих превентивных решений).

Тем не менее, несмотря на высокий потенциал, практическое использование ИИ в проектировании дорожной инфраструктуры сопряжено с рядом ограничений:

- высокие требования к объему и качеству обучающих данных, необходимых для корректной работы нейросетей;

- риски возникновения ошибок при работе алгоритмов в условиях неполных, устаревших или некорректно интерпретированных данных;

- необходимость дополнительной верификации полученных результатов, что требует участия квалифицированных специалистов и может продлевать цикл проектирования [9].



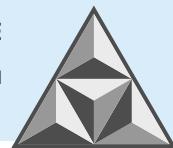
Таблица 1. Сравнительный анализ традиционного метода проектирования с использованием ИИ для подготовки проектной документации

Table 1. Comparative analysis of the traditional method and the method using AI for the preparation of project documentation

Этап проектирования	Традиционный метод		С использованием ИИ		Трудозатраты с использованием ИИ	Время с использованием ИИ
	сут.	выполненные работы	сут.	выполненные работы		
Сбор и анализ исходных данных	7	ручной анализ геоданных и карт, проверка нормативов	4	автоматизированный анализ с ГИС и ИИ	-40%	-40%
Разработка трассировки	5	ручная работа инженера	3	генерация вариантов с ИИ, автоматическая оптимизация маршрута	-40%	-40%
Цифровая модель местности	1	с использованием специализированного ПО	0.5	с использованием инструментов ИИ	-50%	-50%
Анализ и расчет параметров покрытия	1	с использованием специализированного ПО	1	с использованием инструментов ИИ расчет с учетом трафика и климата	0%	0%
Текстовые и графические данные проектной документации	14-21	ручное составление чертежей и отчетов	7	автоматическая генерация спецификаций, объемов, текстовых документов	-50%	-50%
Оптимизация проекта (пересчет, корректировки)	7	корректировки вручную	5	с использованием инструментов ИИ	-30%	-30%
Общий срок проектирования	35-42		21		-50%	

Дальнейшее внедрение технологий ИИ в проектирование автомобильных дорог позволит существенно повысить эффективность проектных процессов. Использование нейросетевых алгоритмов и систем машинного обучения способствует сокращению трудозатрат, снижению временных издержек и количества ошибок, улучшению качества проектных решений [10]. В перспективе ожидается дальнейшее расширение сферы применения ИИ в области проектирования и управления объектами дорожной инфраструктуры, с учетом введения в городах альтернативных видов транспорта, как это описано в [11].

Одним из приоритетных направлений является разработка автономных систем управления транспортными потоками, способных взаимодействовать с беспилотными транспортными средствами. Такая интеграция позволит повысить пропускную способность улично-дорожной сети, а также снизить число дорожно-транспортных происшествий за счет более точного прогнозирования и регулирования потоков. Кроме того, развитие ИИ открывает возможности для формирования «зеленых» транспортных коридоров – дорожных объектов, ориентированных на минимизацию негативного экологического воздействия. В частности, нейросетевые алгоритмы могут быть использованы для оптимизации маршрутов с учетом таких факторов, как уровень шума, концентрация загрязняющих веществ, ландшафтные особенности и плотность застройки.



ВЫВОДЫ

Несмотря на растущий интерес к технологиям ИИ со стороны проектных организаций и крупных девелоперских структур, полностью автоматизировать все стадии проектных работ пока не представляется возможным. Существующие системы требуют участия высококвалифицированных специалистов как в процессе обучения алгоритмов, так и при верификации и адаптации полученных проектных решений к нормативно-правовой и инженерной среде. Для масштабного внедрения ИИ требуется решение целого ряда экономических, технических и нормативных задач.

В общем и целом, использование ИИ и нейросетевых технологий в проектировании автомобильных дорог обладает высоким потенциалом повышения эффективности и безопасности дорожной инфраструктуры, а также снижения негативного воздействия на окружающую среду. Развитие указанных технологий будет способствовать формированию интеллектуальных транспортных систем нового поколения, соответствующих требованиям устойчивого развития городской среды.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Евсеев В.И.** Искусственный интеллект в современном мире: надежды и опасности создания и использования // Аэрокосмическая техника и технологии. 2023. Вып. 1. С. 16-34.
- Mokshakov M.** The use of artificial intelligence in data analysis: an overview of the current state and future directions // Universum: technical sciences. 2024. № 5 (122). Р. 40-48.
- Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «нейротехнологии и искусственный интеллект» в России. М., 2019.
- Официальный сайт Мэра Москвы. "Цифровой двойник Москвы" [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mos.ru> (дата обращения 18.07.2025).
- Навой Д.В., Капский Д.В., Филиппова Н.А., Пугачев И.Н.** Анализ мирового опыта в применении искусственного интеллекта в системах управления дорожным движением различного уровня // Системный анализ и прикладная информатика. 2024. Вып. 1. С. 26-36.
- Бачурина С.С.** Информационное моделирование: методология использования цифровых моделей в процессе перехода к цифровому проектированию и строительству. Переход к цифровому проектированию и строительству. Методология. М.: ДМК Пресс, 2021. 128 с.
- Ayhan B., Tokdemir O.** Safety assessment in megaprojects using artificial intelligence // Safety Science. 118. Р. 273-287.
- Bang S., Olsson N.** Artificial Intelligence in Construction Projects: A Systematic Scoping Review // Journal of Engineering, Project, and Production Management. 2022. № 12 (3). Р. 224-238.
- Newcastle Systems. How Artificial Intelligence is Changing Warehouse Operations. 2021. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.newcastlesys.com/blog/how-artificial-intelligence-is-changing-warehouse-operations> (дата обращения 18.07.2025).
- McKinsey&Company. Succeeding in the AI supply-chain revolution. 2021. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mckinsey.com/industries/metals-and-mining/our-insights/succeeding-in-the-ai-supply-chain-revolution> (дата обращения 18.07.2025).
- Ладыгина О.В., Бессонов И.А.** Проблемы организации транспортной системы города Ярославля // Умные композиты в строительстве. 2025. Т. 6. Вып. 3. С. 62-75. DOI: 10.52957/2782-1919-2025-6-3-62-75.

Поступила в редакцию 14.08.2025

Одобрена после рецензирования 28.11.2025

Принята к опубликованию 12.12.2025



REFERENCES

1. **Evseev, V.I.** (2023), "Artificial intelligence in the modern world: the hopes and dangers of creation and use", *Aerospace engineering and technology*, vol. 1, pp. 16-34 (in Russian).
2. **Mokshанов, М.** (2024), "The use of artificial intelligence in data analysis: overview of the current state and promising areas", *Universum: Techn. Sci.*, vol. 5, no. 122, pp 40-48.
3. Roadmap for the development of "end-to-end" digital technology "neurotechnology and artificial intelligence" in Russia, Moscow, 2019 (in Russian).
4. Official website of the Mayor of Moscow. "Moscow's Digital Twin". Available at: <https://www.mos.ru> (accessed 18.07.2025) (in Russian).
5. **Navoy, D.V., Kapsky, D.V., Filippova, N.A. and Pugachev, I.N.** (2024), "Analysis of world experience in the application of artificial intelligence in traffic management systems at various levels", *System analysis and Applied Informatics*, vol. 1, pp. 26-36 (in Russian).
6. **Bachurina, S.S.** Information modeling: a methodology for using digital models in the process of transition to digital design and construction. The transition to digital design and construction. Methodology. Moscow: DMK Press, 2021. 128 p. (in Russian).
7. **Ayhan, B. and Tokdemir, O.** "Safety assessment in megaprojects using artificial intelligence", *Security Sci.*, vol. 18, pp. 273-287.
8. **Bang, S. and Olsson, N.** (2022), "Artificial intelligence in construction projects: a systematic overview", *Journal of Engineering, Design and Production Management*, vol. 12, no. 3, pp 224-238.
9. Newcastle Systems. How artificial intelligence is changing warehouse operation. (2021), Available at: <https://www.newcastlesys.com/blog/how-artificial-intelligence-is-changing-warehouse-operations> (accessed 18.07.2025).
10. McKinsey&Company. Succeeding in the AI supply-chain revolution. (2021), Available at: <https://www.mckinsey.com/industries/metals-and-mining/our-insights/succeeding-in-the-ai-supply-chain-revolution> (accessed 18.07.2025).
11. **Ladygina O.V., Bessonov I.A.** (2025), "Issues in organizing the transportation system of the city of Yaroslavl", *Smart Composite in Construction*, vol. 6, no. 3, pp. 62-75. DOI: 10.52957/2782-1919-2025-6-3-62-75 (in Russian).

Received 14.08.2025

Approved 28.11.2025

Accepted 12.12.2025