



НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 625.72

DOI: 10.52957/2782-1919-2026-7-3-33-45

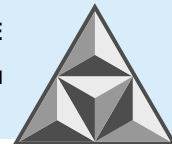
Подход к оптимизации трассирования автомобильных дорог на основе технологий информационного моделирования

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*



Планирование и организация строительства автомобильных дорог в настоящее время продолжают испытывать ограничения, обусловленные низким уровнем интероперабельности информационных моделей, а также трудностями интеграции временных и стоимостных параметров в структуру проектных элементов при внедрении линейных объектов. Задачи оптимизации проектных решений в области трассирования приобретают ключевое значение в контексте формирования устойчивой и надежной транспортной системы. Существующие подходы к выбору трассы, как правило, характеризуются фрагментарным учетом исходных факторов, что снижает обоснованность принимаемых решений и может приводить к увеличению совокупных издержек и снижению эффективной реализации проектов. В связи с этим разработана схема оптимизации трассирования, основанная на применении технологий информационного моделирования и интеграции разнородных данных с аналитическими инструментами. Предлагаемый подход обеспечивает последовательное выполнение ключевых этапов проектирования автомобильных дорог, включая цифровое представление рельефа, формирование геометрических параметров трассы, моделирование транспортных потоков, экономическую оценку проектных решений, а также анализ экологических последствий. Рассматриваемая модель адаптивна и может быть масштабирована, что позволяет использовать ее как универсальный инструмент для реализации инфраструктурных проектов.

Ключевые слова: проектирование автомобильных дорог, дорожное строительство, трассирование, технологии информационного моделирования, оптимизация затрат

Для цитирования:

Богуславский Л.А., Проваторова Г.В. Подход к оптимизации трассирования автомобильных дорог на основе технологий информационного моделирования // *Умные композиты в строительстве*. 2026. Т. 7, вып. 3. С. 33-45. URL: <https://comincon.ru/ru/nauka/issue/7693/view>

DOI: 10.52957/2782-1919-2026-7-3-33-45



SCIENTIFIC ARTICLE

DOI: 10.52957/2782-1919-2026-7-3-33-45

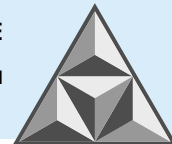
An approach to optimizing highway routing based on information modeling technologies

L.A. Boguslavskii, G.V. Provatorova

Leonid Anatolevich Boguslavskii*, Galina Vladimirovna Provatorova

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

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



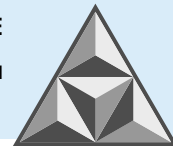
The planning and organization of highway construction currently continues to experience limitations due to the low level of interoperability of information models, as well as difficulties in integrating time and cost parameters into the structure of design elements at the implementing linear facilities. The tasks of optimizing design solutions in the field of routing are becoming of key importance in the context of forming a sustainable and reliable transport system. Existing approaches to route selection are typically characterized by a fragmented consideration of initial factors, which reduces the validity of decisions made and may lead to an increase in total costs and a decrease in the effective implementation of projects. In this regard, a tracing optimization scheme has been developed based on the use of information modeling technologies and the integration of heterogeneous data with analytical tools. The proposed approach ensures the sequential execution of key stages of highway design, including digital terrain representation, generation of route geometric parameters, traffic flow modeling, economic evaluation of design solutions, as well as analysis of environmental consequences. The model under consideration is adaptive and scalable, which allows it to be used as a universal tool for the implementation of infrastructure projects.

Keywords: highway design, road construction, tracing, information modeling technologies, cost optimization

For citation:

Boguslavskii L.A., Provatorova, G.V. An approach to optimizing highway routing based on information modeling technologies // *Smart Composite in Construction*. 2026. Vol. 7, Iss. 3. P. 33-45. URL: <https://comincon.ru/ru/nauka/issue/7693/view>

DOI: 10.52957/2782-1919-2026-7-3-33-45



ВВЕДЕНИЕ

Транспортная инфраструктура играет ключевую роль в экономике и территориальной связанности. Автомобильные дороги формируют основу мобильности населения и товарооборота, однако рост урбанизации и интенсивности движения приводит к увеличению трафика и негативным экологическим последствиям, снижая эффективность транспортной сети [1].

Современные инфраструктурные проекты характеризуются масштабностью и сложностью при одновременном ужесточении требований к срокам и стоимости дорожного строительства. Ошибки на стадии проектирования, связанные с неточностью исходных данных, особенно критичны для протяженных объектов и могут существенно увеличивать затраты, в частности, при реализации сложных инженерных сооружений.

Технологии информационного моделирования (ТИМ) рассматриваются как эффективный инструмент повышения качества проектирования за счет интеграции данных, снижения ошибок, оптимизации сроков и затрат. Однако существующие подходы к трассированию дорог часто не обеспечивают комплексного учета технических, экономических и экологических факторов, что приводит к неоптимальным решениям [2].

Несмотря на преимущества, внедрение ТИМ в дорожном строительстве вызывает трудности из-за ресурсных и кадровых ограничений, а также недостаточной интеграции с моделированием транспортных потоков. В связи с этим предлагается комплексный ТИМ-ориентированный подход, обеспечивающий объединение ключевых параметров проекта в единой цифровой среде и повышение эффективности принятия проектных решений [3].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ И МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ИССЛЕДОВАНИЙ

В рамках исследования ТИМ применяются для формирования методики оптимизации трассирования автомобильных дорог на основе исходных проектных данных. Разработанный подход включает пять последовательно реализуемых этапов: сбор и подготовка исходной информации; построение базовой цифровой модели; сравнительная оценка альтернативных вариантов трассы; моделирование с последующей визуализацией; итоговая оптимизация и обоснованный выбор проектного решения.

Методическая основа подхода опирается на положения стандарта ISO 19650-1:2018 [4], что обеспечивает согласованное объединение разнородных данных, интеграцию процессов моделирования и применение современных инструментов визуального анализа. Предложенная формализованная структура (рис. 1) способствует соблюдению нормативных требований, а также повышает экономическую эффективность и устойчивость принимаемых решений в сфере дорожного строительства.

Предлагаемая структурная схема направлена на развитие и совершенствование методов трассирования автомобильных дорог с использованием ТИМ. В основе методологии лежит интеграция междисциплинарной информации с инструментами инженерного анализа, что позволяет решать комплексные задачи проектирования линейных транспортных объектов

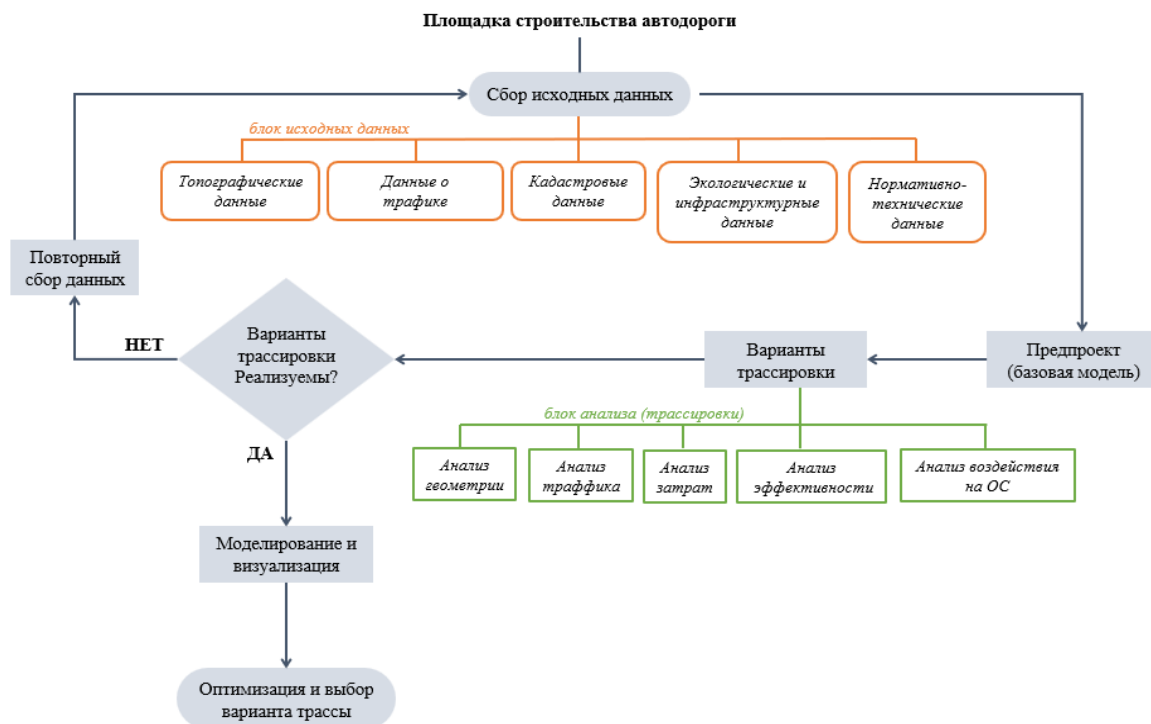


Рис.1. Блок-схема предлагаемого подхода к решению задачи

Fig.1. Block diagram of the proposed approach to solving the issue

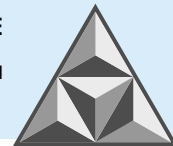
В отличие от традиционных подходов, ориентированных преимущественно на стоимостные показатели или формальное соблюдение геометрических требований, разработанное решение реализует многокритериальную модель, объединяющую в едином ТИМ-процессе пять взаимосвязанных факторов, а именно: капитальные затраты, эффективность транспортных потоков, экологические ограничения, особенности землепользования и соответствие нормативным требованиям [5, 6].

Сбор исходных данных

Начальный этап связан с формированием достоверной исходной базы данных, необходимой для последующего моделирования. Сбор информации осуществляется с учетом междисциплинарного характера задачи и сопровождается проверкой на соответствие нормативным источникам и результатам полевых обследований. Организация и управление данными реализуются в соответствии с требованиями стандарта ISO 19650-1:2018, что обеспечивает их согласованность и прослеживаемость.

Ключевые категории исходных данных:

- топографическая информация, включающая отметки высот, горизонтالي и характеристики рельефа, используется для построения цифровой модели местности и адекватного отражения пространственной структуры территории;
- транспортные данные, полученные в ходе обследований; содержат сведения об интенсивности движения, составе потоков, временных параметрах загрузки и корреспонденциях, что позволяет выполнять моделирование транспортной работы сети и оценивать влияние проектных решений на ее пропускную способность;
- экологический блок данных; охватывает сведения о природных и антропогенных ограничениях, включая водные объекты, охраняемые территории и зоны хозяйственного использования, что необходимо для снижения негативного воздействия проектируемых



решений; кадастровая и инфраструктурная информация отражает особенности землепользования, существующую застройку и расположение инженерных коммуникаций; она формируется на основе данных дистанционного зондирования, государственных реестров и натурных обследований, с учетом социально-экономических последствий изъятия земель;

- нормативно-технические параметры; определяют допустимые геометрические характеристики трассы и включают требования к плану и профилю дороги, расчетным скоростям и условиям видимости, обеспечивая соответствие проектных решений действующим стандартам.

Формирование базовой информационной модели

На основе сформированного массива исходной информации выполняется построение интегрированной базовой модели территории. В качестве инструментальной платформы применяется специализированный программный комплекс, обеспечивающий формирование геопривязанной трехмерной модели.

Процесс моделирования включает импорт цифровых моделей рельефа, интеграцию существующей транспортной инфраструктуры и размещение проектируемых элементов. Дополнительно подключаются слои геоинформационных систем, отражающие природные ограничения, инженерные коммуникации и застроенные территории. Сформированная модель служит основой для комплексного анализа альтернативных вариантов трассирования [7, 8].

Оценка качества модели осуществляется в рамках многоступенчатой процедуры верификации, направленной на подтверждение точности как пространственных, так и атрибутивных характеристик. Для этого проводят сопоставление результатов моделирования с данными аэрофотосъемки, спутникового мониторинга и наземных геодезических измерений. Приоритетное внимание уделяется корректности воспроизведения рельефа, локализации инженерных сетей и параметрам застроенной среды. При использовании данного подхода повышается достоверность модели как основы для анализа и обоснования проектных решений.

Формирование вариантов трассы

На основе цифровой модели выполняется формирование набора альтернативных вариантов трассирования с применением инструментов проектирования. Данный процесс носит вариативный характер и предполагает генерацию предварительных решений с их последующей корректировкой. Оптимизация достигается за счет изменения геометрических параметров трассы с учетом нормативных требований и особенностей рельефа. Каждый вариант оценивается по показателям технологичности, экологичности и эффективности эксплуатации.

Возможности ТИМ позволяют реализовать имитационное моделирование транспортных потоков с анализом ключевых характеристик функционирования сети, включая пропускную способность, уровень задержек и показатели обслуживания. Интеграция расчетных модулей с цифровой моделью обеспечивает оперативное обновление результатов при изменении проектных параметров. Визуализация полученных данных способствует выявлению потенциальных конфликтов, связанных с негативным воздействием на окружающую среду и существующую застройку, а также предусматривает разработку корректирующих мероприятий [9, 10].



Оценка реализуемости модели

Завершающий этап направлен на выбор наиболее обоснованного варианта трассы на основе многокритериального анализа. Для этого формируется система ключевых показателей эффективности, охватывающая экономические, эксплуатационные, экологические и социальные аспекты. В результате определяется сбалансированное проектное решение, соответствующее техническим требованиям и обеспечивающее рациональное использование ресурсов при минимизации негативных воздействий на окружающую среду.

Предложенный ТИМ-ориентированный подход демонстрирует высокий потенциал в части интеграции и обработки больших массивов разнородных данных, что позволяет существенно упростить анализ условий проектирования.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Рассматриваемая в работе прикладная задача используется в качестве средства апробации нового подхода. Выбор данной задачи обусловлен необходимостью одновременного учета различных факторов, влияющих на формирование трассы автомобильной дороги, включая инженерные, экономические и экологические аспекты. Применение методики в сочетании с инструментами информационного моделирования позволяет повысить обоснованность проектных решений, а также сократить трудоемкость.

В рамках исследования реализована последовательность взаимосвязанных этапов, включающая:

- формирование и интеграцию исходных данных в среду проектирования;
- разработку и анализ различных вариантов трассировки, моделирование и визуализацию транспортных потоков;
- вариативную оптимизацию, направленную на достижение баланса эффективности, стоимости и экологичности.

Ключевым условием достоверности результатов является полнота и согласованность исходной информации. Для построения модели использовались топографические, транспортные, экологические и кадастровые данные. Топографическая основа обеспечила формирование цифровой модели местности с учетом рельефа и существующей инфраструктуры, включая инженерные коммуникации. Транспортный анализ базировался на данных об интенсивности движения, структуре потоков и прогнозах их изменения, что позволило оценить перспективную загрузку сети. Экологическая информация включала сведения о природных и урбанизированных территориях, сформированные на основе государственных источников и уточненные по результатам полевых обследований [11].

Собранные данные интегрированы нами в единую трехмерную модель, выполняющую функцию базовой платформы для анализа. Модель обеспечила комплексное представление пространственных ограничений и послужила основой для разработки альтернативных вариантов трассирования. В ходе исследования были сформированы три варианта, отличающиеся конфигурацией, протяженностью и условиями реализации (рис. 2).

Первый вариант ориентируется на использование существующей транспортной сети, что потенциально снижает затраты на развитие инфраструктуры, однако сопровождается увеличением капитальных вложений, сложными условиями строительства и характеризуется значительным воздействием на окружающую и социальную среду.

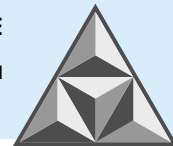


Рис. 2. Предлагаемые варианты трассировки автомобильных дорог

Fig. 2. Proposed options for road alignment

Второй вариант представляет собой оптимизированную конфигурацию с уменьшенной протяженностью и частичным снижением объемов работ, но требует переустройства инженерных коммуникаций, что увеличивает стоимость проекта.

Третий вариант отличается большей протяженностью, но благоприятными геометрическими параметрами, отсутствием пересечений с инженерными сетями и минимальным воздействием на окружающую среду, что делает его более сбалансированным. Сравнительная оценка вариантов выполнялась с учетом геометрических характеристик, условий движения, стоимости строительства и экологических ограничений.

Для оценки эффективности трасс проанализированы основные факторы, влияющие на трассировку (табл. 1) как результат принятых проектных решений.

Таблица 1. Результаты влияния на движение геометрического анализа конструкции

Table 1. Results of the impact of geometric analysis of the structure on traffic

Параметр	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Длина, км	0.50	0.46	0.53
Минимальный радиус, м	40	70	110
Продольный профиль	Резкие спуски и подъемы	Умеренные спуски	Умеренные спуски, умеренные уклоны
Видимость	Ограниченная видимость	Достаточная видимость	Достаточная видимость
Безопасность	Устройство ограждений в местах насыпи, ограничение максимальной скорости движения	Устройство ограждений в местах насыпи, ограничение максимальной скорости движения	Потребность в дополнительных средствах безопасности отсутствует

С целью оценки рассматриваемых вариантов трассирования при эксплуатации в условиях существующих и перспективных транспортных нагрузок нами выполнен анализ эффективности дорожного движения (табл. 2).

Таблица 2. Результаты анализа эффективности дорожного движения

Table 2. The results of the traffic efficiency analysis

Параметр	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Снижение заторов, %	10	15	25
Прогнозируемый рост интенсивности на 5 лет, %	16	12	9
Прогнозируемый рост интенсивности на 10 лет, %	21	18	15
Время в пути, мин	5	4	3



Анализ полученных результатов показал, что третий вариант трассирования, с точки зрения организации движения автомобилей, демонстрирует лучшие показатели. В частности, его реализация позволяет снизить уровень заторов и сократить среднее время в пути. Эти результаты обусловлены рациональными геометрическими параметрами трассы. Визуализация сценариев моделирования, иллюстрирующая особенности распределения транспортных потоков, представлена на рис. 3.

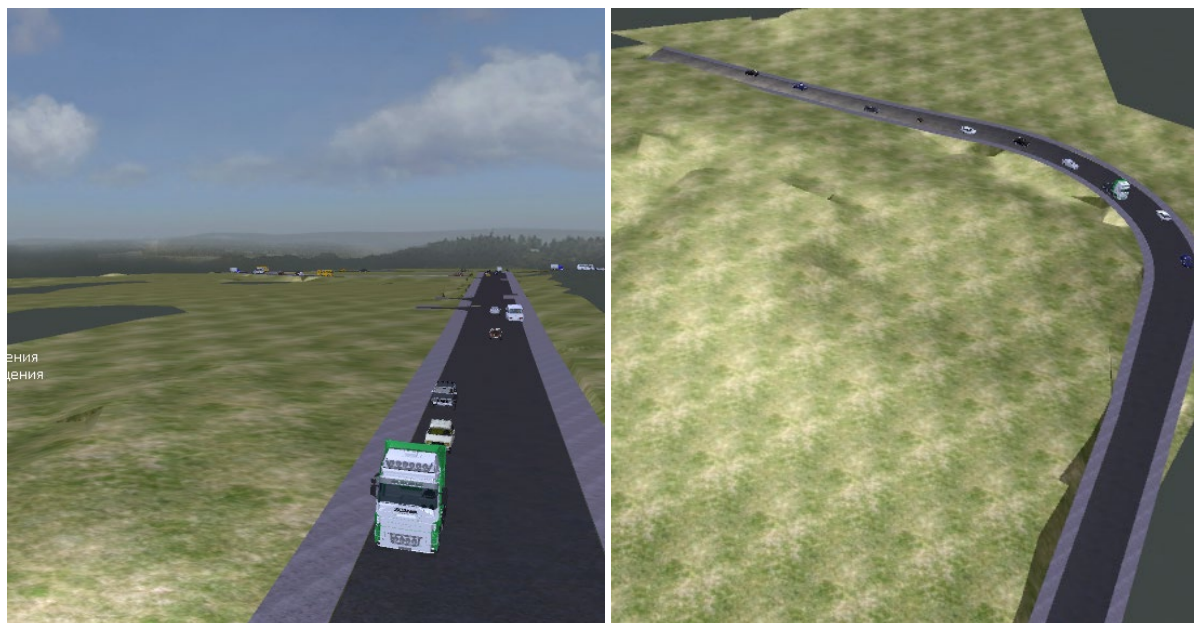


Рис. 3. Сценарии моделирования распределения транспортных потоков

Fig. 3. Scenarios for modeling the distribution of traffic flows

Стоимость строительства по каждому варианту трассы определялась исходя из объемов земляных работ, необходимости переноса инженерных сетей и применения дополнительных конструкций. Задача анализа затрат состояла в снижении строительных расходов без ухудшения геометрических параметров и транспортной доступности трасс (табл. 3).

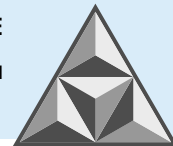
Таблица 3. Результаты анализа затрат на реализацию предлагаемой модели трассирования

Table 3. Results of cost analysis for implementing the proposed tracing model

Параметр	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Земляные работы: насыпь, м ³	2746	3625	2035
Земляные работы: выемка, м ³	7720	4840	5665
Наличие выносимых коммуникаций	+	+	–
Дополнительные технические средства организации дорожного движения (барьерное ограждение, сигнальные столбики и т.д.)	+	+	–
Площадь арендуемой / приобретаемой земли, га	0.60	0.55	0.64

Экономическая оценка продемонстрировала преимущество третьего варианта за счет сокращения объемов земляных работ, отсутствия необходимости переноса инженерных коммуникаций и снижения потребности в дополнительных технических решениях.

Для каждого варианта трассы оценка воздействия на окружающую среду выполнялась по возможным нарушениям, наблюдаемым в экологически чувствительных зонах. Экологическую устойчивость оценивали по степени влияния трассировки, оказанного на природные объекты (см. табл. 4).

**Таблица 4.** Воздействие предлагаемых вариантов трассирования на окружающую среду**Table 4.** Impact of the proposed routing options on the environment

Параметр	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Вырубка насаждений, м ²	1032	568	123
Прохождение в охраняемой зоне	–	–	–
Демонтаж строений	+	+	–

Анализ подтвердил перспективность варианта 3 за счет минимального вмешательства в природную среду при осуществлении трассирования и отсутствия демонтажа существующих объектов (см. табл. 4).

Важное значение имеют также расходы по землепользованию, которые зависят от территориальных особенностей и действующих ограничений, что нередко делает предпочтительными варианты, действующие в существующих транспортных коридорах [12, 13]. В общем и целом при прохождении трасс через экологически чувствительные территории приоритет отдается тем решениям, которые минимизируют негативное воздействие на природную среду, даже при меньшей их экономической привлекательности [14].

Таким образом, нами подчеркивается целесообразность внедрения ТИМ для повышения эффективности планирования и проектирования в сфере дорожного строительства. Вместе с тем остается ряд ограничений в части практической их реализации, включая дефицит доступных исходных данных, рост затрат на их сбор и обработку, трудности интеграции разнородных информационных источников, недостаточную готовность участников отрасли к переходу на цифровые методы, а также несовместимость используемых программных платформ [15].

ВЫВОДЫ

Излагаемые методические аспекты могут быть эффективно использованы в сфере транспортной инфраструктуры. Выбор оптимального варианта трассирования предлагается осуществлять с учетом различных факторов согласно условиям конкретного проекта. Одним из таких факторов является, в частности, прогноз трафика, который возрастает при повышении интенсивности движения. Это определяет потребность в формировании трасс с большей пропускной способностью и возможностью реконструкции. В условиях меньших нагрузок, напротив, приоритет имеют решения, ориентированные на снижение капитальных затрат.

В отличие от классических решений, характеризующихся статичностью и ограниченным учетом изменяющихся факторов, рассмотренные ТИМ-ориентированные методы обеспечивают возможность проведения многовариантного анализа и поэтапной корректировки проектных решений с учетом взаимодействия всех участников процесса, способствуя таким образом повышению качества и устойчивости конечных результатов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. **Bazán Á.M., Alberti M.G., Álvarez, A.A., Trigueros, J.A.** New Perspectives for BIM Usage in Transportation Infrastructure Projects // *Appl. Sci.* 2020. Vol. 10. No. 20. P. 7072. DOI: 10.3390/app10207072.
2. **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. DOI: 10.52957/2782-1919-2025-6-4-67-79.



3. **Chong H.Y., Lopez R., Wang J., Wang X., Zhao Z.** Comparative Analysis on the Adoption and Use of BIM in Road Infrastructure Projects // *J. Manag. Eng.* 2016. Vol. 32. No. 6. P. 05016021. DOI: 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000460.
4. ISO 19650-1-2018 Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) - Information management using building information modeling. Part 1: Concepts and principles.
5. **Cepa J.J., Pavón R.M., Alberti M.G., Caramés P.** Towards Bim-Gis Integration for Road Intelligent Management System // *J. Civ. Eng. Manag.* 2023. Vol. 29. No. 7. P. 621-638. DOI: 10.3846/cem.2023.19514.
6. **Zhao L., Liu Z., Mbachu J.** Highway Alignment Optimization: An Integrated BIM and GIS Approach // *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 2019. Vol. 8. No. 4. P. 172. DOI: 10.3390/ijgi8040172.
7. **Vilutienė T., Šarkienė E., Šarka V., Kiaulakis A.** BIM Application in Infrastructure Projects // *Balt. J. Road Bridge Eng.* 2020. Vol. 15. No. 3. P. 74-92. DOI: 10.7250/bjrbe.2020-15.485.
8. **Sabato E., D'Amico F., Tripodi A., Tiberi P.** BIM & Road safety – Applications of digital models from in-built safety evaluations to asset management // *Transp. Res. Proc.* 2023. Vol. 69. P. 815-822. DOI: 10.1016/trpro.2023.02.240.
9. **Riaz M.S., Aziz Kh., Mufeez Z.A., Ghafoor F. e., Saker L., Aziz K., Azab M.** Strategic Utilization of Microsimulation for Sustainable Traffic Analysis and Intersection Improvement // *Open Transp. J.* 2023. Vol. 17; e26671212281061. DOI: 10.2174/0126671212281061231123113624.
10. **Inzerillo L., Acuto F., Pisciotta A., Dunn I., Mantalovas K., Uddin M.Z., Di Mino G.** Isim - Infrastructures & Structures Information Modeling: A New Concept of BIM for Infrastructures // *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci. - ISPRS Arch.* 2023. Vol. XLVIII. No. 5-W2. P. 49-56. DOI: 10.5194/isrps-archives-XLVIII-5-W2-2023-49-2023.
11. **Wan Abdul Basir, W.N.F.A., Ujang U., Majid Z.B., Azri S., Choon T.L.** The integration of bim and gis in construction project-A data consistency review // *Int. Arch. Photogram. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.-ISPRS Arch.* 2020. Vol. XLIV. No. 4-W3. P. 107-116. DOI: 10.5194/isrps-archives-XLIV-4-W3-2020-107-2020.
12. **Cepa J.J., Pavón R.M., Alberti M.G., Ciccone A., Asprone D.A.** A Review on the Implementation of the BIM Methodology in the Operation Maintenance and Transport Infrastructure // *Appl. Sci.* 2023. Vol. 13. No. 5. P. 3176. DOI: 10.3390/app13053176.
13. **Roumyeh M., Badenko V.** Integration between BIM and GIS for Decision-Making // *V Inter. Conf. – BIM Modeling for Construction and Architecture.* At Saint Petersburg, Russia. 2022. DOI: 10.23968/BIMAC.2022.003.
14. **Богуславский Л.А., Проваторова Г.В.** Технологии информационного моделирования в концепции устойчивого строительства автомобильных дорог // *Умные композиты в строительстве.* 2024. Т. 5. Вып. 3. С. 42-52. DOI: 10.52957/2782-1919-2024-5-3-42-52.
15. **Yu X.** Application of BIM Technology in Construction Engineering Management. In book: *Frontier Computing*; Hung, J.C., Yen, N.Y. and Chang, J.W., Eds.; Lecture Notes in Electrical Engineering; Springer: Singapore, 2023; Vol. 1031 LNEE (Upre). P. 1398-1402. DOI: 10.1007/978-981-99-1428-9_181.

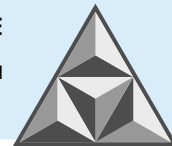
Поступила в редакцию 27.04.2026

Одобрена после рецензирования 29.05.2026

Принята к опубликованию 30.06.2026

REFERENCES

1. **Bazán, Á.M., Alberti, M.G., Álvarez, A.A. and Trigueros, J.A.** (2020), New perspectives for BIM usage in transportation infrastructure projects, *Appl. Sci.*, vol. 10, no. 20, p. 7072. DOI: 10.3390/app10207072
2. **Boguslavskii, L.A. and Provatorova, G.V.** (2025), The use of artificial intelligence within the design of automobile roads, *Smart Composite in Construction*, vol. 6, iss. 4, pp. 67-79 (in Russian). DOI: 10.52957/2782-1919-2025-6-4-67-79.
3. **Chong, H.Y., Lopez, R., Wang, J., Wang, X. and Zhao, Z.** (2016), Comparative analysis on the adoption and use of BIM in road infrastructure projects, *J. Manag. Eng.*, vol. 32, no. 6, p. 05016021. DOI: 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000460.



4. ISO 19650-1-2018 Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) - Information management using building information modeling. Part 1: Concepts and principles (in Russian).
5. **Cepa, J.J., Pavón, R.M., Alberti, M.G. and Caramés, P.** (2023), Towards Bim-Gis integration for road intelligent management system, *J. Civ. Eng. Manag.*, vol. 29, no. 7, pp. 621-638. DOI: 10.3846/cem.2023.19514.
6. **Zhao, L., Liu, Z. and Mbachu, J.** (2019), Highway alignment optimization: An integrated BIM and GIS approach. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 2019, vol. 8, no. 4, p. 172. DOI: 10.3390/ijgi8040172.
7. **Vilutienė, T., Šarkienė, E., Šarka, V. and Kiaulakis, A.** (2020), BIM application in infrastructure projects, *Balt. J. Road Bridge Eng.*, 2020, vol. 15, no. 3, pp. 74-92. DOI: 10.7250/bjrbe.2020-15.485.
8. **Sabato, E., D'Amico, F., Tripodi, A. and Tiberi, P.** (2023), BIM & road safety – applications of digital models from in-built safety evaluations to asset management, *Transp. Res. Proc.*, vol. 69, pp. 815-822. DOI: 10.1016/trpro.2023.02.240.
9. **Riaz, M.S., Aziz, Kh., Mufeez, Z.A., Ghafoor, F. e., Saker, L., Aziz, K. and Azab, M.** (2023), Strategic utilization of microsimulation for sustainable traffic analysis and intersection improvement, *The Open Transp. J.*, vol. 17, e26671212281061. DOI: 10.2174/0126671212281061231123113624.
10. **Inzerillo, L., Acuto, F., Pisciotto, A., Dunn, I., Mantalovas, K., Uddin, M.Z. and Di Mino, G.** (2023), Isim - Infrastructures & Structures Information Modeling: A new concept of BIM for infrastructures, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci. – ISPRS Arch.*, vol. XLVIII, no. 5-W2, pp. 49-56. DOI: 10.5194/isrps-arhives-XLVIII-5-W2-2023-49-2023.
11. **Wan Abdul Basir, W.N.F.A., Ujang, U., Majid, Z.B., Azri, S. and Choon, T.L.** (2020), The integration of bim and gis in construction project-A data consistency review, *Int. Arch. Photogram. Remote Sens. Spat. Inf. Sci. – ISPRS Arch.*, vol. XLIV, no. 4-W3, pp. 107-116. DOI: 10.5194/isrps-arhives-XLIV-4-W3-2020-107-2020.
12. **Cepa, J.J., Pavón, R.M., Alberti, M.G., Ciccone, A. and Asprone, D.A.** (2023), A review on the implementation of the BIM methodology in the operation maintenance and transport infrastructure, *Appl. Sci.*, vol. 13, no. 5, p. 3176. DOI: 10.3390/app13053176.
13. **Roumyeh, M. and Badenko, V.** (2022), Integration between BIM and GIS for Decision-Making, *V Inter. Conf. – BIM Modeling for Construction and Architecture*, Saint Petersburg, Russia. DOI: 10.23968/BIMAC.2022.003.
14. **Boguslavskii, L.A. and Provatorova, G.V.** (2024), Information modeling technologies in the concept of sustainable road construction, *Smart Composite in Construction*, vol. 5, iss. 3, pp. 42-52 (in Russian). DOI: 10.52957/2782-1919-2024-5-3-42-52.
15. **Yu, X.** (2023), Application of BIM technology in construction engineering management. In book: *Frontier Computing*; Hung, J.C., Yen, N.Y. and Chang, J.W., Eds.; Lecture Notes in Electrical Engineering; Springer: Singapore, vol. 1031 LNEE (Upre), pp. 1398-1402. DOI: 10.1007/978-981-99-1428-9_181.

Received 27.04.2026

Approved 29.05.2026

Accepted 30.06.2026