RESEARCH PAPER / ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ
МРНТИ 06.52.17
JEL: H54, O14, O33
https://doi.org/10.58732/2958-7212-2026-2-65-82

Analysis of Social Risks of Intelligent Video Monitoring in Kazakhstan

Andrey A. Samoilov[a]*, Zhanibek T. Smagul[a], Almas N. Mamyrbayev[a]

[a]Kazakh-British Technical University, Almaty, Kazakhstan

ABSTRACT

The growth of digitalization and the development of the smart city concept contribute to the active implementation of public-private partnership (hereinafter – PPP) projects using artificial intelligence technologies in the field of urban infrastructure and road safety. The purpose of this study is to assess the social risks of the Sergek intelligent video monitoring project in Kazakhstan, implemented within the framework of the smart city concept, using methods of system dynamics and sensitivity analysis of the discounted cash flow indicator. The research methodology is based on the study of project data, followed by the construction of a project model using system dynamics (hereinafter – SD), which allows us to demonstrate various scenarios of the impact of risk factors. The study uses data from open sources, including information from the PPP Portal of the Republic of Kazakhstan, data from the Akimat of Almaty and the National Bank of the Republic of Kazakhstan. The simulation results showed that the highest discounted cash flow (hereinafter – DCF) is observed in the baseline scenario without taking into account risks and reaches 7,668,340,000 tenge in 2024, decreasing to 6,781,390,000 tenge in 2025. The greatest negative impact on the financial stability of the project is the social risk associated with a shortage of revenue from fines, at which the DCF value is reduced to KZT 6,287,440,000. The results obtained indicate that social risk is the most significant factor in the financial stability of an intelligent video monitoring project.

ARTICLE HISTORY
Received: 15 March 2026
Revised: 24 April 2026
Accepted: 17 May 2026
Published: 30 June 2026

KEYWORDS
Social Risk; Social Sustainability; Urban Development; Smart City; Security; Digitalization; Intelligent Video Monitoring

FINANCIAL SUPPORT
this study was funded by the Science Committee MSHE RK (AP23488488)

Check for updates

Conflict of interest: author(s) declare that there is no conflict of interest

***Corresponding author:** Samoilov A.A. – PhD candidate, Kazakh-British Technical University, Almaty, Kazakhstan, email: a.samoilov@kbtu.kz

For citation: Samoilov, A., Smagul, Zh.T. & Mamyrbayev, A.N. (2026). Analysis of Social Risks of Intelligent Video Monitoring in Kazakhstan. Qainar Journal of Social Science, 5(2),65-82. https://doi.org/10.58732/2958-7212-2026-2-65-82

Copyright: ©2026 by the author(s). This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).

Қазақстандағы интеллектуалды бейне мониторингтің әлеуметтік тәуекелдерін талдау

Самойлов А.А.[a]*, Смагул Ж.Т.[a], Мамырбаев А.Н.[a]

[a]Қазақстан-Британ техникалық университеті, Алматы, Қазақстан

ТҮЙІН

Тұрақты Цифрландырудың өсуі және «ақылды қала» тұжырымдамасының дамуы қалалық инфрақұрылым мен жол қозғалысы қауіпсіздігі саласында жасанды интеллект технологияларын пайдаланатын мемлекеттік-жекешелік әріптестік (бұдан әрі – МЖӘ) жобаларының белсенді енгізілуіне ықпал етуде. Осы зерттеудің мақсаты – жүйелік динамика әдістері мен дисконтталған ақша ағыны көрсеткішінің сезімталдық талдауын пайдалану арқылы Қазақстандағы «ақылды қала» тұжырымдамасы аясында жүзеге асырылып жатқан «Сергек» интеллектуалды бейнемониторинг жобасының әлеуметтік тәуекелдерін бағалау. Зерттеу әдіснамасы жоба деректерін зерттеуге және тәуекел факторлары ықпалының әртүрлі сценарийлерін көрсетуге мүмкіндік беретін жүйелік динамика (бұдан әрі – ЖД) көмегімен жоба моделін құруға негізделген. Зерттеуде Қазақстан Республикасының PPP Portal мәліметтері, Алматы қаласы әкімдігінің деректері және Қазақстан Республикасы Ұлттық Банкінің мәліметтері сияқты ашық дереккөздердің ақпараты пайдаланылды. Модельдеу нәтижелері дисконтталған ақша ағынының (бұдан әрі – DCF) ең жоғары көрсеткіші тәуекелдер ескерілмеген базалық сценарийде байқалып, 2024 жылы 7 668 340 000 теңгеге жетіп, 2025 жылы 6 781 390 000 теңгеге дейін төмендейтінін көрсетті. Жоба қаржылық тұрақтылығына ең үлкен теріс әсер айыппұлдардан түсетін түсімдердің жеткіліксіз жиналуымен байланысты әлеуметтік тәуекелден байқалады, бұл жағдайда DCF көрсеткіші 6 287 440 000 теңгеге дейін төмендейді. Алынған нәтижелер әлеуметтік тәуекел интеллектуалды бейнемониторинг жобасының қаржылық тұрақтылығының ең маңызды факторы болып табылатынын көрсетеді.

МАҚАЛАНЫҢ ТАРИХЫ
Қабылданды:15 наурыз 2026
Қайта қаралды: 24 сәуір 2026
Жариялауға қабылданды: 17 мамыр 2026
Жарияланды: 30 маусым 2026

ТҮЙІН СӨЗДЕР
тәуекел; әлеуметтік тәуекел; әлеуметтік тұрақтылық; қала құрылысы; ақылды қала; қауіпсіздік; цифрландыру; интеллектуалды бейне мониторинг

ҚАРЖЫЛАНДЫРУ
зерттеу ҚР ҒЖБМ Ғылым комитеті қаржыландырған (AP23488488)

Мүдделер қақтығысы:
автор(лар) мүдделер қақтығысының жоқтығын мәлімдейді

***Хат-хабаршы авторы:** Самойлов А.А. – PhD докторант, Қазақстан-Британ техникалық университеті, Алматы, Қазақстан, email: a.samoilov@kbtu.kz

Дәйексөз үшін: Самойлов А.А., Смагул Ж.Т., Мамырбаев А.Н. (2026). Қазақстандағы интеллектуалды бейнемониторингтің әлеуметтік тәуекелдерін талдау. Қайнар әлеуметтік ғылымдар журналы, 5(2),65-82. https://doi.org/10.58732/2958-7212-2026-2-65-82

Анализ социальных рисков интеллектуального видеомониторинга в Казахстане

Самойлов А.А.[a]*, Смагул Ж.Т.[a], Мамырбаев А.Н.[a]

[a]Казахстанско-Британский технический университет, Алматы, Казахстан

АННОТАЦИЯ

Рост цифровизации и развитие концепции «умный город» способствуют активному внедрению проектов государственно-частного партнерства (далее – ГЧП) с использованием технологий искусственного интеллекта в сфере городской инфраструктуры и обеспечения безопасности дорожного движения. Целью данного исследования является оценка социальных рисков проекта интеллектуального видеомониторинга «Сергек» в Казахстане, реализуемого в рамках концепции «умный город», с использованием методов системной динамики и анализа чувствительности показателя дисконтированного денежного потока. Методология исследования основана на изучении данных проекта с последующим построением модели проекта с помощью системной динамики (далее – СД), которая позволяет продемонстрировать различные сценарии влияния факторов риска. В исследовании использованы данные открытых источников, включая сведения PPP Portal Республики Казахстан, данные акимата г. Алматы и Национального банка РК. Результаты моделирования показали, что наиболее высокий показатель дисконтированного денежного потока (далее – DCF) наблюдается в базовом сценарии без учета рисков и достигает 7 668 340 000 тенге в 2024 г., снижаясь до 6 781 390 000 тенге в 2025 г. Наибольшее негативное влияние на финансовую устойчивость проекта оказывает социальный риск, связанный с недобором поступлений от штрафов, при котором значение DCF снижается до 6 287 440 000 тенге. Полученные результаты свидетельствуют о том, что социальный риск является наиболее значимым фактором финансовой устойчивости проекта интеллектуального видеомониторинга.

ИСТОРИЯ СТАТЬИ
Получено: 15 марта 2026
Доработано: 24 апреля 2026
Принято: 17 мая 2026
Опубликовано: 30 июня 2026

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА
риск; социальный риск; социальная устойчивость; городское развитие; умный город;безопасность; цифровизация; интеллектуальный видеомониторинг

ФИНАНСИРОВАНИЕ
исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета науки МНВО РК (AP23488488)

Конфликт интересов:
авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

***Автор-корреспондент:** Самойлов А.А. – PhD докторант, Казахстанско-Британский технический университет, Алматы, Казахстан, email: a.samoilov@kbtu.kz

Для цитирования: Самойлов А.А., Смагул Ж.Т., Мамырбаев А.Н. (2026). Анализ социальных рисков интеллектуального видеомониторинга в Казахстане. Кайнар журнал социальных наук, 5(2),65-82. https://doi.org/10.58732/2958-7212-2026-2-65-82

1. Введение

Развитие инфраструктуры городов с помощью привлечения средств и опыта частного сектора в рамках государственно-частного партнерства (далее – ГЧП) является эффективной моделью оптимизации нагрузки на государственный бюджет и развитию социальной инфраструктуры городов. Развитие транспортной и энергетической инфраструктуры способствует экономическому росту, поскольку, благодаря мультипликативному эффекту от реализации крупных проектов, стимулируется развитие других отраслей экономики (Osei-Kyei et al., 2023a; Castelblanco et al., 2025). Особенно важным аспектом является развитие транспортной инфраструктуры в странах с переходной экономикой, испытывающей потребность в модернизации существующей инфраструктуры и запуске новых проектов, вызванной стремительным ростом населения и развитием экономики (Rebuglio et al., 2026). Ввиду дефицита бюджета на развитие инфраструктуры городов правительства развивающихся стран привлекают частные инвестиции с заключением договора ГЧП (Owolabi et al., 2019). В последнее время благодаря развитию цифровизации и информационно-коммуникационных технологий (далее ИКТ), включая использование искусственного интеллекта (далее – ИИ), данные технологии стали применяться в проектах ГЧП, в частности, в набирающей популярность во многих странах концепции «умный город» (Lacson et al., 2023). Применение механизмов ГЧП в концепции «умный город» имеет большое значение для развития эффективности организации всех городских служб, социальной и умной инфраструктуры, а также повышения качества жизни населения (Michelucci et al., 2013).

Интеграция технологий искусственного интеллекта (ИИ) играет важную роль в повышении эффективности управления проектами (Narbaev et al., 2026; Serikbay et al., 2025), оказывая положительное влияние на финансовые, технические и социальные аспекты инфраструктурного развития. Использование ИИ позволяет государственным учреждениям внедрять data-driven подходы к цифровой трансформации, повышать качество управления общественной инфраструктурой и оптимизировать процессы принятия решений (Mutasa et al., 2024).

Следуя рекомендациям исследования Lacson et al. (2023), в котором авторы анализировали научные работы по тематике «умных городов» в развивающихся экономиках, нами была разработана модель оценки устойчивости ГЧП-проекта в рамках концепции «умный город» для государственного сектора. В качестве объекта исследования был выбран проект «Сергек», направленный на повышение транспортной безопасности в городской среде с использованием интеллектуальных систем видеомониторинга и анализа данных. Система «Сергек» осуществляет обработку больших данных на базе технологий искусственного интеллекта и применяется для обеспечения безопасности дорожного движения в крупных городах Казахстана с момента запуска первых проектов менее десяти лет назад (Kazakhstani IT-Group, 2025).

Следует отметить, что реализация данного проекта ИИ имеет не только экономическое, но и социальное измерение. Использование проекта напрямую влияет на безопасность дорожного движения, снижение аварийности и уровень правонарушений в городской среде. Эффективное использование проекта приведёт к сокращению смертности и травматизма на дорогах, повышению чувства защищенности граждан, а также формированию культуры соблюдения правил дорожного движения. Исходя их этого, анализ рисков государственного партнера в данном проекте ГЧП выступает важным составляющим для понимания того, насколько устойчивыми являются ожидаемые социальные эффекты и какие угрозы могут препятствовать реализации целей проекта.

Целью данного исследования является оценка социальных рисков проекта интеллектуального видеомониторинга «Сергек» в Казахстане, реализуемого в рамках

концепции «умный город», с использованием методов системной динамики и анализа чувствительности показателя дисконтированного денежного потока.Д ля анализа рисков была использована техника симуляции с помощью системной динамики (далее – СД) и анализ чувствительности переменной «дисконтированный денежный поток» (англ. Discounted Cash Flow, DCF). Преимущества методологии СД заключаются в возможности представления сложных систем в виде наглядных графических моделей, а также в моделировании и прогнозировании возможных сценариев развития на основе имеющихся данных (Sterman, 2000). Использование СД в управлении проектами позволяет лицам, принимающим решения, проводить сценарный анализ, оценивать потенциальные долгосрочные последствия и формировать эффективные стратегии управления проектами. Анализ чувствительности, в свою очередь, позволяет определить степень влияния различных факторов риска на ключевую переменную модели – DCF.

В данном исследовании проводится обзор научных работ, посвященных анализу ГЧП-проектов в рамках концепции «умный город» в сфере обеспечения дорожной безопасности. Далее определяются основные влияющие переменные проекта «Сергек», разрабатывается модель системной динамики, после чего выполняются симуляции модели с учетом факторов риска и анализ чувствительности ключевого показателя эффективности проекта DCF.

2. Литературный обзор

Научные исследования в области ГЧП и концепции «умный город» охватывают широкий круг вопросов, связанных с развитием интеллектуальной инфраструктуры, цифровой трансформацией городов, использованием технологий искусственного интеллекта и управлением рисками в долгосрочных инфраструктурных проектах. Проекты ГЧП являются эффективным инструментом в реализации государственных программ во многих жизненно важных секторах экономики за счет привлечения финансовых средств, опыта и инноваций частного партнера. Значительное количество научных исследований посвящено анализу проектов ГЧП в сфере транспортной инфраструктуры (Endo et al., 2021; Fauzan et al., 2023; Liyanage & Villalba-Romero, 2015). При этом исследование рисков в проектах ГЧП, учитывая их долгосрочный характер реализации, остается одним из наиболее активно изучаемых направлений на протяжении последних двух десятилетий (Osei-Kyei et al., 2023b). В исследованиях, посвященных проектам ГЧП в Казахстане, к числу ключевых факторов риска относятся экономические и политические риски (Samoilov et al., 2024).

В некоторых исследованиях выделено, что между государственным и частным секторами часто возникают разногласия из-за разных приоритетов, такими как: рациональность и польза для общественности для государственного сектора и возврат инвестиций и доходность для частного бизнеса (Quan & Solheim, 2023). Одним из перспективных направлений современного урбанистического развития является концепция «умный город», в рамках которой государственный сектор активно использует механизмы ГЧП (Shor, 2023).

Одним из наиболее перспективных направлений цифровой трансформации городской среды в Казахстане становится развитие концепции «умный город». Подход к развитию «умных городов» в Казахстане носит комплексный характер и включает технологические, административные и инфраструктурные инновации (Lagunova et al., 2025; Shor, 2023). Такие крупные города, как Астана и Алматы, находятся в авангарде

данных инициатив, используя цифровые технологии для совершенствования городского управления, повышения качества жизни населения и обеспечения безопасности городской среды (Digel et al., 2022; Nurbatsin et al., 2023).

Исследования проектов «умный город», реализуемых в форме ГЧП, активно развиваются с 2005 года и охватывают такие важные направления, как цифровая трансформация, устойчивое развитие, электронное правительство (e-government), безопасность, инновации, инфраструктура и обработка больших данных (Jayasena et al., 2020). Анализ проектов «умный город» с использованием механизмов ГЧП показывает важность эффективного взаимодействия всех заинтересованных сторон, включая государственные органы, частный сектор и население (Liu et al., 2020).

Так, исследование Альмарри и Буссабейн выделило пять ключевых факторов успеха инфраструктурных ГЧП-проектов в рамках концепции «умный город»: партнерство и сотрудничество, финансовую устойчивость, контрактные обязательства и аутсорсинг, интеллектуальную интеграцию, а также эффективное управление контрактом (Almarri & Boussabaine, 2025). Вместе с тем одним из основных препятствий применения механизмов ГЧП в проектах «умный город» остается вопрос целесообразности и эффективности использования модели ГЧП по сравнению с традиционными методами государственных закупок (Paraphina et al., 2019).

Michelucci et al. (2013) рассмотрели финансовые механизмы реализации проектов в рамках концепции «умный город» и выделили три основных подхода, каждый из которых обладает собственными преимуществами и ограничениями. Первый механизм основан на государственно-частном партнерстве и проектном финансировании, что позволяет эффективно управлять проектами, связанными с материальными активами, нередко с созданием специального юридического лица для управления проектом (англ. Special Purpose Vehicle, SPV). Второй механизм представляет собой модель разделения доходов, которая наиболее применима к нематериальным проектам с использованием ИКТ, где государственный и частный партнеры заинтересованы в достижении общих финансовых результатов. Третий механизм связан с выпуском социальных облигаций, используемых преимущественно для реализации социально значимых проектов, требующих значительных ресурсов и долгосрочного финансирования.

Последствия применения интеллектуального управления экономикой в рамках развития концепции «умный город» были рассмотрены на примере Таиланда в исследовании Мулгерн и Крайванит (Moolngearn & Kraiwanit, 2024). В нем рассматривались аналитика больших данных, ИИ и Интернет вещей, как компонент экономического роста, улучшения государственных услуг и обеспечения социального благополучия и безопасности. В исследовании подчеркивалось, что ГЧП является эффективным инструментом финансирования и развития инициатив в рамках программ «умный город» благодаря поддержке со стороны государства, а также инноваций и умных решений, предлагаемых частным партнером. Однако, исследование обнаружило три основных препятствия на пути реализации концепции «умных городов»: различия в цифровых технологиях, нехватка квалифицированных специалистов и проблемы кибербезопасности. Авторы отметили, что обеспечение гибкости нормативных актов является ключом к созданию благоприятной среды для технологического прогресса, при одновременном сохранении конфиденциальности и безопасности данных.

Одной из ключевых задач концепции «умный город» является повышение безопасности населения с использованием систем видеомониторинга, аналитики больших данных и технологий искусственного интеллекта. Некоторые исследования отмечают, что проекты ГЧП могут стать эффективным инструментом профилактики дорожно-транспортных происшествий (Azami-Aghdash et al., 2020). Другие исследования также отмечают, что внедрение проекта «Сергек» в Алматы в качестве превентивного инструмента снижения нарушений правил дорожного движения способствовало значительному сокращению количества дорожно-транспортных происшествий (Zhandarbekova et al., 2024).

Проекты ГЧП в сфере безопасности, реализуемые в крупных городах Казахстана, известные как «Сергек», являются интересными для научных исследований ввиду инновационных решений на базе ИИ, которые государство активно привлекает и продвигает в городах, в том числе и в форме ГЧП с целью оптимизации рисков. В исследование, проведенным Нарбаевым и его со-авторами был проведен анализ рисков риски для частного партнера в проекте ГЧП «Сергек», где риски были представлены в виде переменных в модели СД, оказывающих влияние на доходность проекта (Narbaev et al., 2025). Авторы проанализировали показатель внутренней нормы доходности, как один из важнейших показателей для инвесторов при расчете рисков, выявив девальвацию национальной валюты и несвоевременную оплату со стороны государства основными угрозами для частного партнера в данном проекте.

Таким образом, анализ научной литературы показывает, что проекты ГЧП в рамках концепции «умный город» становятся важным инструментом развития интеллектуальной городской инфраструктуры, цифровизации и обеспечения безопасности городской среды. Несмотря на значительное количество исследований, посвященных управлению рисками и эффективности ГЧП-проектов, вопросы оценки рисков и финансовой устойчивости подобных проектов для государственного сектора, особенно в проектах с использованием технологий ИИ, остаются недостаточно изученными.

3. Методология

Данное исследование основано на модели системной динамики ГЧП-проекта «Интеллектуальная система безопасности и анализа дорожного трафика г. Алматы», реализованного в 2021–2025 гг. и известного как «Сергек». Для построения модели и проведения анализа использовалось программное обеспечение Vensim PLE+. Методология исследования включает несколько этапов: определение ключевых элементов системы проекта «Сергек»; построение модели системной динамики в виде диаграммы уровней и потоков в программе Vensim; формализацию показателей и функций переменных модели; проведение симуляции сценариев с учетом и без учета факторов риска; а также анализ чувствительности ключевого показателя эффективности проекта DCF.

В качестве основного методологического инструмента использовалась СД, позволяющая моделировать различные сценарии функционирования сложных систем и анализировать взаимосвязи между их элементами. Метод СД основан на математическом моделировании и использовании специализированного программного обеспечения для симуляции различных сценариев развития системы и оценки влияния взаимодействующих факторов на результаты проекта (Sterman, 2000).

В отличие от традиционных аналитических методов, СД позволяет оценить долгосрочные эффекты нелинейных взаимодействий, а также оценить эффект влияние переменных на ключевые элементы системы (Sterman, 2000). В данном исследовании СД позволит оценить риски в проекте ГЧП, где частным партнером предоставляется услуга мониторинга трафика и выявления правонарушений с помощью анализа больших данных приложением на базе ИИ. Успешное развитие умных городов в рамках модели ГЧП строится в том числе на эффективном анализе больших данных (Fu, 2018).

Согласно базе данных сайта Казахстанского Центра ГЧП с частным партнером ТОО «Көркем Телеком», выступающего как частный партнер в проектах «Сергек», были заключены договоры в рамках ГЧП на общую сумму более 106 млрд. тенге, где частный партнер обязуется предоставлять услуги по обеспечению безопасности и анализу видео данных по дорожному трафику в Жамбылской, Алматинской, Костанайской, Мангистауской, Туркестанской, Атырауской, Абайской областях, а также в городах республиканского значения Астана, Алматы, и Шымкент (PPP Portal, 2025).

В рамках данного исследования рассматривается ГЧП-проект «Интеллектуальная система безопасности и анализа дорожного трафика г. Алматы», реализуемый в г. Алматы и известный как «Сергек». В проекте используются интеллектуальные системы на базе искусственного интеллекта для автоматизированного выявления нарушений правил дорожного движения. Срок реализации проекта составляет пять лет — с 2021 по 2025 гг., при этом объем частных инвестиций оценивается примерно в 9,5 млрд тенге (PPP Portal, 2025). В качестве механизма возмещения инвестиционных затрат частного партнера используется модель «платы за доступность», тогда как взимание штрафов осуществляется государственным партнером. Основная цель проекта – повышение уровня безопасности дорожного движения в городе с помощью интеллектуального видеонаблюдения и анализа данных.

Данный проект входит в список приоритетных в программе развития концепции «умный город» города Алматы (Akimat of Almaty, 2025). С помощью аппаратно-программных комплексов (далее – АПК), в которых интегрирован ИИ, автоматически выявляются нарушения правил дорожного движения. Перечень конкретных функций АПК разнообразен: выявление превышения скорости, нарушений правил проезда на красный свет и других нарушений; поощрение водителей к соблюдению правил и снижение количества аварий. Кроме того, проект также направлен на повышение дисциплины участников дорожного движения, снижение аварийности, а также совершенствование управления городской транспортной системой за счет анализа транспортных потоков, оптимизации дорожной инфраструктуры и сокращения заторов (Akimat of Almaty, 2025).

Цель данного исследования состояла не в точности воспроизвести финансовую модель проекта, а показать основные риски и их потенциальный эффект на основной показатель успешности проекта для государства, а именно на переменную «дисконтированный денежный поток» (DCF). В целом, это исследование проводится в научных целях для изучения успешной и устойчивой реализации проекта ГЧП в сфере дорожной безопасности в рамках концепции «умный город», в котором используются интеллектуальные системы с интеграцией ИИ.

Рисунок 1 демонстрирует диаграмму уровней, потоков и переменных проекта «Сергек» в г. Алматы.

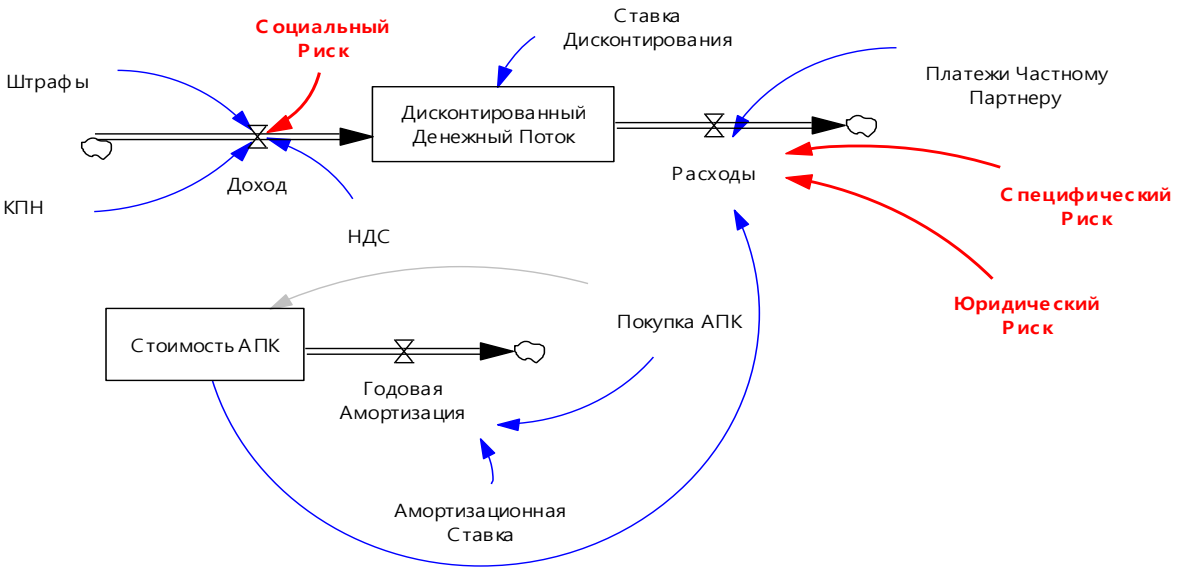


Рисунок 1. Модель системной динамики ГЧП-проекта «Сергек» в Алматы.
Figure 1. A model of SD of the Sergek PPP project in Almaty.

Модель состоит из двух переменных «уровень», трех переменных «поток», и 10 постоянных переменных. Структура предполагает три основных источника дохода: штрафы, налог на добавленную стоимость (НДС) и корпоративный подоходный налог (КПН). Они обеспечивают постоянный приток денежных средств в проект. Переменная в виде потока «Доходы» зависит от постоянных переменных «Штрафы», «НДС» и «КПН», на диаграмме это связь отображена стрелками. Постоянный поток доходов обеспечивает достаточный объем денежных средств в бюджет для покрытия расходов по проекту, состоящего в основном из платежей частному партнеру.

Механизм «плата за доступность», где государство оплачивает частному партнеру ежегодные или ежемесячные транши, является типичной финансовой моделью для проектов ГЧП в Казахстане, учитывая высокие финансовые и политические риски связанные с проектами ГЧП в Казахстане (Narbaev et al., 2025; Samoilov et al., 2024). Второй важной категорией расходов является переменная «Стоимость АПК». Договорами часто предусмотрена опция передачи частным партнером интеллектуального комплекса государственному партнеру в конце срока проекта (PPP Portal, 2025). На переменную «Расходы» влияют два основных фактора риска: юридический риск и специфический риск.

Вероятность и воздействие юридического риска — это показатель потенциальных юридических проблем, выраженных в виде процентного коэффициента, которые могут повлиять на капитальные затраты проекта, в данной модели этот риск случается, если договор ГЧП расторгается со стороны государственных партнеров(Rebuglio et al., 2026). Факторы специфического риска основаны на задержки со стороны государственных партнеров предоставления мест для размещения АПК и оборудования.

Одним из наиболее значимых элементов в модели является переменная «Стоимость АПК». Это общая стоимость оборудования для проведения видеомониторинга, видеофиксации нарушений, обработки данных с помощью ИИ, хранения и передачи их

государственным партнерам. Переменная в виде уровня «Стоимость АПК» складывается от первоначальной стоимости АПК, выраженной в переменной «Покупка АПК». Модель СД позволяет проанализировать, как с течением времени стоимость АПК ежегодно снижается из-за амортизации.

В качестве основного показателя успешности проекта выбран DCF (в модели обозначен полным наименованием для переменной «дисконтированный денежный поток»), который составляет разницу между доходами и расходами за учетный период, деленную на ставку дисконтирования в степени периода (года проекта), который рассчитывается по формуле (1):

$$DCF = \frac{CF_i}{(1+r)^i} \qquad (1)$$

где:

DCF – дисконтированный денежный поток;

CF – поток денежных средств (доходы – расходы) в период i;

r – ставка дисконтирования;

i – период (учетный год реализации проекта).

Модель состоит из цепочки связей, которые показывают взаимозависимую связь различных финансовых переменных. Например, покупка АПК и ставка амортизации влияют на стоимость АПК, которая в свою очередь влияет на расходы и, соответственно, на главный показатель успеха проекта DCF. Эти взаимосвязи демонстрируют динамичность системы в том смысле, что изменения в конкретном компоненте, как правило, оказывают каскадное воздействие на всю модель.

Далее, в таблице 1 представлены переменные модели проекта «Сергек», их функциональные зависимости, значения и краткое описание.

Таблица 1. Переменные модели СД проекта «Сергек».
Table 1. System dynamics variables of Sergek project.

Название переменной	**Тип переменной**	**Значение функции, единица измерения**	**Описание**
Дисконтированный Денежный Поток (DCF)	Уровень	(Доход – Расходы) / (1 + ставка дисконтирования) / (текущий год – год начала проекта), тенге	Общая сумма всех поступлений и оттоков денежных средств за определенный период с учетом дисконтирования.
Стоимость АПК	Уровень	Покупка АПК – Годовая амортизация, тенге	Стоимость общего количества АПК, которые будут установлены в рамках проекта.
Доход	Поток	Штрафы + КПН + НДС, тенге/год	Источники дохода, полученные в ходе реализации проекта.
Расходы	Поток	2021 – 2024 = Платежи Част. Партнеру 2025= Стоимость АПК * Юрид. Риск + Платежи Частн. Партнеру, тенге/год	Предусмотренные расходы в рамках проекта.
Годовая амортизация	Поток	Покупка АПК * Амортизационная Ставка, *тенге/год*	Ежегодный износ АПК, из-за которых со временем снижается их стоимость.
Штрафы	Постоянная переменная	4 000 000 000, тенге/год	Основной источник дохода, получаемый за счет штрафов за

			нарушения правил дорожного движения (далее ПДД), выявляемых системой.
Налог на добавленную стоимость (НДС)	Постоянная переменная	75 000 000, тенге/год	Платежи по НДС, которые являются частью финансовых операций в рамках проекта.
Ставка дисконтирования	Постоянная переменная	0.09 Dmnl, (dimensionless unit- единица без измерения)	Ставка Национального банка РК, взятая за 2021 год.
Корпоративный подоходный налог (КПН)	Постоянная переменная	13 000 000, тенге/год	Платежи по КПН, которые являются частью финансовых операций в рамках проекта.
Амортизационная Ставка	Постоянная переменная	0.1, dmnl	Процент от первоначальной стоимости АПК, который ежегодно амортизируется.
Юридический риск	Постоянная переменная	1-1.2, dmnl	Риск расторжения договора со стороны государственного партнера.
Социальный риск	Постоянная переменная	1-1.03, dmnl	Риск неуплаты штрафов (риск государственного партнера).
Специфический риск	Постоянная переменная	1-1.01, dmnl	Риск несвоевременного предоставления мест для АПК со стороны государственного партнера.
Платежи частному партнеру	Постоянная переменная	В 2021=1 300 000 000 2022-2025=2 160 000 000, тенге/год	Финансовые обязательства, которые должно взять на себя правительство.

Примечание: составлено авторами на основе источников Akimat of Almaty (2025), PPP Portal (2025), National Bank (2021).

4. Результаты

Для оценки влияния различных факторов риска на финансовую устойчивость проекта были проведены симуляции показателя DCF по нескольким сценариям. Анализ охватывает период с 2021-2025 гг. и включает сценарии с учетом юридического, специфического и социального рисков, а также базовый сценарий без учета рисков и сценарий одновременного воздействия рисков. Результаты симуляции представлены на рисунке 2.

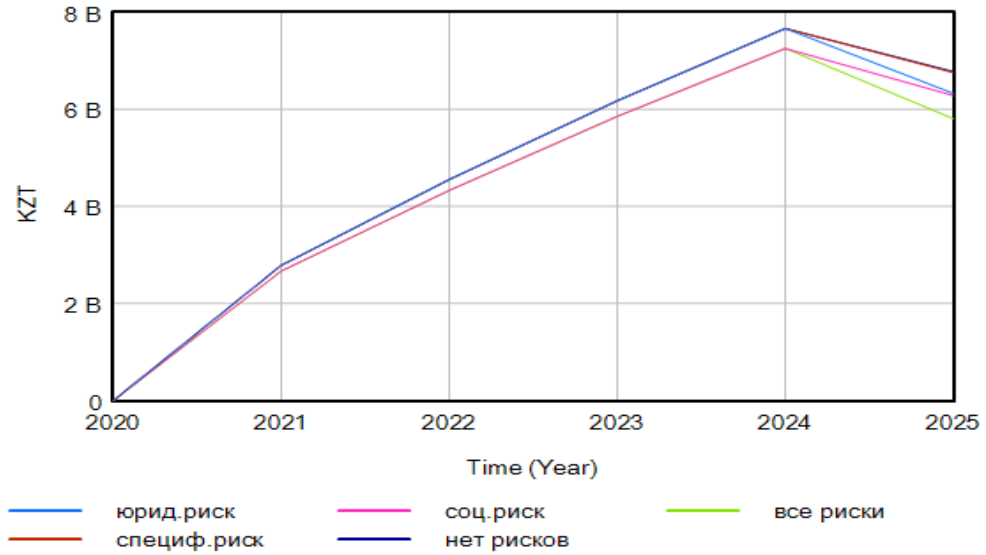


Рисунок 2. Диаграмма дисконтированного денежного потока.
Figure 2. Discounted cash flow diagram.

За 2021–2024 гг. наблюдается устойчивый рост показателей DCF во всех пяти симуляциях, что указывает на устойчивый рост доходов с учетом расходов по проекту вне зависимости от отсутствия или возникновения рисков. График включает пять сценариев симуляции показателя DCF: с учетом юридического риска, составляющего 20% от стоимости АПК (голубая линия); специфического риска в размере 1% от стоимости АПК (красная линия); социального риска, составляющего 3% от суммы штрафов (розовая линия); без учета рисков (синяя линия); а также с учетом одновременного воздействия всех рисков (зеленая линия).

В таблице 2 показаны показатели DCF за 2021–2025 гг. аналогично рисунку 2.

Таблица 2. Показатели дисконтированного денежного потока за 2021–2025 гг., в тенге.
Table 2. Discounted cash flow indicators for 2021-2025, tenge.

DCF	2021	2022	2023	2024	2025
Нет рисков	2 788 000 000	4 556 810 000	6 179 570 000	7 668 340 000	6 781 390 000
Со специфическим риском	2 788 000 000	4 556 810 000	6 179 570 000	7 668 340 000	6 758 860 000
С юридическим риском	2 788 000 000	4 556 810 000	6 179 570 000	7 668 340 000	6 330 830 000
С социальным риском	2 671 500 000	4 333 420 000	5 858 120 000	7 256 920 000	6 287 440 000
Со всеми рисками	2 671 500 000	4 333 420 000	5 858 120 000	7 256 920 000	5 809 850 000

Примечание: составлено авторами.

Наиболее высокий показатель DCF наблюдается в базовом сценарии без учета рисков: в 2024 г. он достигает 7 668 340 000 тенге, а в 2025 г., после выкупа амортизированного оборудования АПК, снижается до 6 781 390 000 тенге. Наименьшее влияние на показатель DCF оказывает специфический риск, при котором значение DCF в 2025 г. сокращается до 6 758 860 000 тенге. Сценарий с юридическим риском в размере 20% также оказывает негативное воздействие на финансовые результаты проекта, снижая DCF до 6 330 830 000 тенге. Наиболее существенное влияние среди рассматриваемых факторов оказывает социальный риск, составляющий 3% от суммы ежегодных поступлений штрафов, при котором показатель DCF уменьшается до 6 287 440 000 тенге. При одновременном возникновении всех трех рисков значение DCF в 2025 г. снижается до 5 809 850 000 тенге.

Анализ чувствительности был проведен для ключевой наблюдаемой переменной модели – DCF. Данный метод позволяет наглядно оценить, как изменение значений переменных модели на ±10% влияет на результаты наблюдаемой переменной, что отображается в виде диаграммы торнадо (Vensim Introduction & Tutorials, 2019). Анализ чувствительности особенно полезен при финансовом моделировании, такие параметры, как доходы, расходы, налоговые ставки или сумма штрафов, могут меняться. Итеративно изменяя один из входных параметров, друг за другом, диаграмма наглядно показывает, насколько результаты наблюдаемого показателя чувствительны к изменениям. В рамках анализа используется показатель «процент выплаты на конец периода» (англ. Payoff percentage at final time), отражающий изменение значения наблюдаемой переменной на конец периода при изменении каждого из влияющих факторов системы на ±10%.

Результаты анализа чувствительности представлены на рисунке 3.

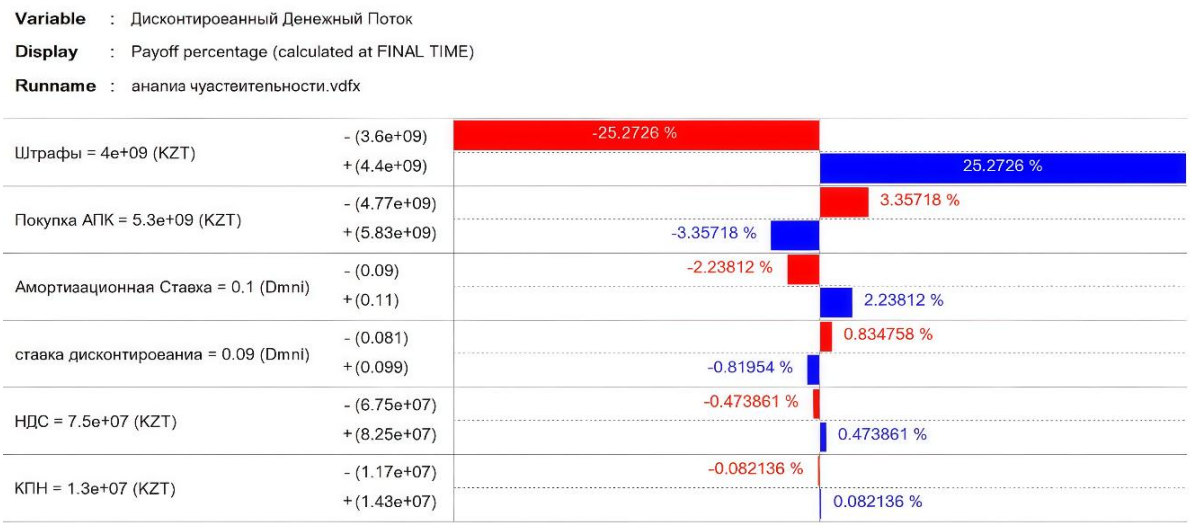


Рисунок 3. Анализ чувствительности переменной DCF.
Figure 3. Sensitivity analysis of variable DCF.

Результаты анализа чувствительности показывают, что наибольшее влияние на показатель дисконтированного денежного потока (DCF) оказывает переменная «Штрафы», связанная с социальным риском недобора поступлений от штрафов. Изменение данной переменной на ±10% приводит к изменению показателя DCF на ±25,27%, что свидетельствует о высокой чувствительности проекта к социальным факторам, связанным с соблюдением правил дорожного движения и полнотой поступления штрафов в бюджет.

В случае же, если сумма штрафов, наоборот, вырастет на 10%, тогда показатель DCF увеличится на 25,3% (синяя линия). Далее, рисунок 4 показывает, что если сумма штрафов будет собираться на 10% меньше суммы базового сценария (коричневая линия), то показатель DCF сократится на 25,3% (красная линия).

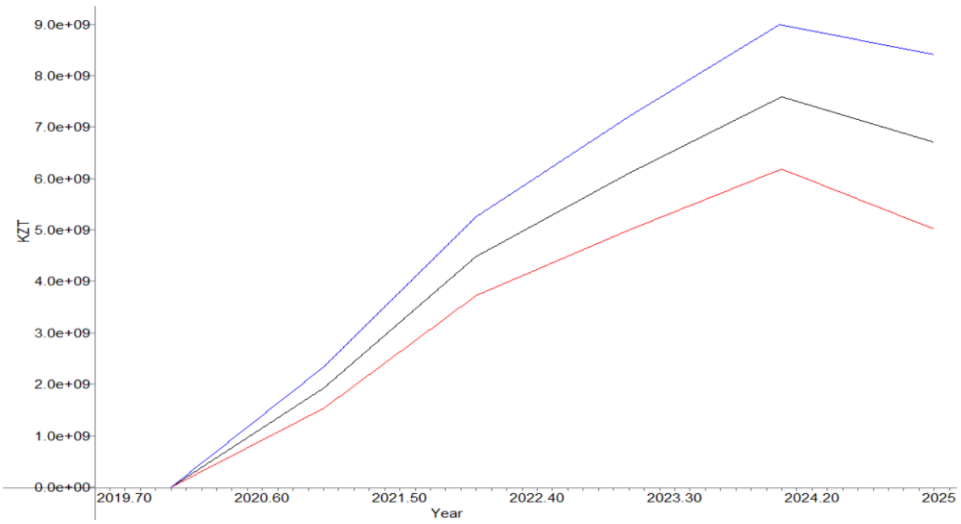


Рисунок 4. Чувствительность показателя DCF к изменению поступлений от штрафов
Figure 4. Sensitivity of the DCF indicator to changes in revenue from fines

К остальным переменным модели показатель DCF демонстрирует значительно меньшую чувствительность. Так, анализ чувствительности показал, что изменение стоимости переменной «Покупка АПК» на ±10% приводит к изменению показателя DCF на ±3,4%. Рассматривать чувствительность к переменной «Амортизационная Ставка» нет необходимости, так как данная переменная не может быть подвергнута влиянию риска. Изменения значений остальных переменных не влияет существенно на наблюдаемую переменную, так как изменяет показатель DCF менее чем на 1%.

5. Дискуссия

Проведенные симуляции демонстрируют, что наибольший риск в проекте ГЧП «Сергек» для государственного партнера является социальный риск. Хотя заложенное в проект воздействие этого риска в 3% кажется незначительным, в отличие, например, от юридического риска, где заложено 20%, тем не менее, данный риск является по результатам проведенных симуляций самым критичным для государственного партнера, так как недобор по штрафам негативно сказывается на финансовые показатели доходности, соответственно, успешности проекта для государства. В отличие от юридического и специфического рисков, которые напрямую зависят от принятия решений государственных органов, социальный риск меньше поддается управлению, так как он зависит одновременно от нескольких факторов: от количества и степени серьезности совершенных правонарушений; технической возможности видеофиксации и обработки данных частным партнером; а также платежной дисциплиной правонарушителей.

Другим важным фактором для изучения являются потоки доходов. Доходы, полученные в виде штрафов, как основного источника поступлений, являются факторами роста доходов, которые в дальнейшем направляются на покрытие расходов. Чем больше штрафов собирается интеллектуальной системой «Сергек», тем успешней проект с экономической точки зрения, с другой стороны, много штрафов говорит об увеличении нарушений правил дорожного движения (далее – ПДД) со стороны участников дорожного движения. Но стоит учесть, что одним из преимуществ проекта «Сергек» является снижение аварийности на дорогах и улучшение безопасности трафика (Zhandarbekova et al., 2024). Наблюдается парадокс, при котором успех проекта по соблюдению ПДД может негативно сказаться на поступлении средств в бюджет таким образом, что проект в модели ГЧП становится невыгоден для государства. С другой стороны, повышение безопасности дорожного движения обеспечивает снижение аварий с трагическими последствиями, которые еще более несоизмеримо негативны для экономики Казахстана (Serikbayev et al., 2022).

Штрафы составляют самую большую долю в финансовых поступлениях, который достигают в модели проекта около 4 миллиардов тенге в год. Снижение штрафов на 10% окажет негативное влияние на сумму 400 миллионов тенге, в то время как увеличение поступлений денежных средств от штрафов на 10% окажет положительное влияние на сумму в 400 миллионов тенге. Это означает, что штрафы являются важнейшим источником дохода в государственный бюджет в проекте «Сергек», и точность фиксации нарушений может существенным образом повлиять на финансовые результаты проекта, которые являются одним из важнейших факторов успеха в проектах ГЧП (Narbaev et al., 2025; Samoilov et al., 2026; Mangano et al.,2025).

Стоимость АПК представляет собой тоже достаточно большую сумму. Общая сумма таких затрат составляет примерно 7,6 млрд тенге. Отклонение от этой суммы на 10% окажет изменение в сумме в размере около 346,56 млн тенге. Это воздействие относительно меньше по сравнению с воздействием от поступлений со штрафов, и, хотя инвестиции в инфраструктуру необходимы, их влияние на денежный поток менее существенно, чем влияние изменений в доходе.

6. Заключение

Проекты ГЧП в концепции «умный город» с использованием ИКТ и инструментов на базе ИИ становятся популярными в крупных городах Казахстана. Данная концепция также охватывает важность обеспечения эффективных методов безопасности в городах, и проекты «Сергек», реализуемые во многих городах Казахстана, являются значимыми в развитии безопасности на дорогах. В рамках данного исследования было смоделированы разные сценарии на основе имеющихся данных по проекту «Интеллектуальная система безопасности и анализа дорожного трафика г. Алматы», а также проведен анализ чувствительности основного показателя успешности проекта – DCF.

В целом, показатель DCF проекта, где поступления средств в проект формируется от штрафов, НДС и КПН, довольно стабилен и имеет позитивный рост, влияние всех рисков на данный показатель несущественно. Результаты проведенных симуляций и анализ чувствительности показал, что наиболее значительным риском в проекте для государственного сектора является социальный риск или, другими словами, риск по недобору денежных поступлений от выявленных штрафов.

Выявление социального риска в проекте показывает, что для государственного партнера важно учитывать общественное восприятие цифровых систем контроля и штрафования. DCF и эффективность проекта в целом зависят не только от юридических и специфических факторов, но и от того, насколько общественность воспринимает внедрение ИИ в городскую социальную инфраструктуру как инструмент повышения безопасности и качества жизни в Казахстане. Результаты моделирования рисков показывают полезность не только для управления проектом, но и для оценки его долгосрочных социальных последствий для населения страны.

Данное исследования имеет ряд ограничений, во-первым все данные являются приблизительными и могут иметь неточность в значениях переменных модели, во-вторых, в моделировании могли быть не учтены другие не менее важные для данного проекта факторы. Следующие исследования могут проанализировать более детально риски как для частного партнера, так и для государственного сектора, в подобных проектах ГЧП, как «Сергек», которые уже были реализованы и сравнить экспертную оценку рисков по проекту до начала проекта и, затем с учетом рисков, которые возникли во время реализации проекта, учитывая их стоимость и влияние на проект. Также следующие исследования могут оценить косвенную экономическую выгоду для государства, где меньшее количество правонарушений приводит к сокращению трагедий на дорогах и, как следствие, позитивному экономическому эффекту.

Author Contributions: Conceptualization and theoretical framework, AS, ZS, AM; Methodology and research design, AS; Software, ZS, AM; Validation, ZS, AM; Formal analysis, AS, ZS, AM; Investigation, AS; Resources, AS,

ZS, AM; Data curation, AS, ZS, AM; Draft writing, AS; Writing-review and editing, AS, ZS, AM; Visualization, ZS, AM; Supervision, AS; Project Administration, AS, ZS, AM; Funding acquisition, ZS. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

References

Akimat of Almaty. (2025). Intelligent traffic safety and analysis system in Almaty. Retrieved March 15, 2026 from https://opendata.smartalmaty.kz/ict-projects/

Almarri, K., & Boussabaine, H. (2025). Critical success factors for public–private partnerships in smart city infrastructure projects. Construction Innovation, 25(2), 224–247. https://doi.org/10.1108/CI-04-2022-0072

Azami-Aghdash, S., Sadeghi-Bazargani, H., Saadati, M., Mohseni, M., & Gharaee, H. (2020). Experts' perspectives on the application of public-private partnership policy in prevention of road traffic injuries. Chinese Journal of Traumatology, 23(3), 152–158. https://doi.org/10.1016/j.cjtee.2020.03.001

Castelblanco, G., Narbaev, T., Osei-Kyei, R., Serikbay, D., Mukashev, Y., & Guevara, J. (2025). Pandemic risks in PPPs: Comparative analysis within developing countries. International Journal of Construction Management, 25(4), 456–468. https://doi.org/10.1080/15623599.2024.2336660

Digel, I., Mussabalina, D., Urdabayev, M., Nurmukhametov, N., & Akparova, A. (2022). Evaluating development prospects of smart cities: Cluster analysis of Kazakhstan's regions. Problems and Perspectives in Management, 20(4), 76–87. https://doi.org/10.21511/ppm.20(4).2022.07

Endo, K., Gianoli, A., & Edelenbos, J. (2021). Coming to Financial Close in PPPs: Identifying Critical Factors in the Case of Toll Road Projects in Indonesia. Public Works Management & Policy, 26(2), 115–143. https://doi.org/10.1177/1087724X20914627

Fauzan, M., Kuswanto, H., & Utomo, C. (2023). Implementing toll road infrastructure financing in Indonesia: Critical success factors from the perspective of toll road companies. International Journal of Financial Studies, 11(4), 135. https://doi.org/10.3390/ijfs11040135

Fu, J. (2018). Summary of research on PPP model smart city construction under the big data background. In Proceedings/Book title (pp. 1–10). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-10-7817-0_1

Jayasena, N. S., Chan, D. W. M., & Kumaraswamy, M. (2020). A systematic literature review and analysis towards developing PPP models for delivering smart infrastructure. Built Environment Project and Asset Management, 11(1), 121–137. https://doi.org/10.1108/BEPAM-11-2019-0124

Kazakhstani IT-Group . (2025, May 18). About Sergek. Retrieved March 15, 2026 from https://sergek.com/ru/about

Lacson, J. J., Lidasan, H. S., Spay Putri Ayuningtyas, V., Feliscuzo, L., Malongo, J. H., Lactuan, N. J., Bokingkito, P., & Velasco, L. C. (2023). Smart city assessment in developing economies: A scoping review. Smart Cities, 6(4), 1744–1764. https://doi.org/10.3390/smartcities6040081

Lagunova, S., Voronina, L., & Veshnyakova, D. (2025). Risks associated with implementing the "Smart City" concept in municipal governance. Vestnik ekonomiki, prava i sociologii, (1), 38–43.

Liu, T., Mostafa, S., Mohamed, S., & Nguyen, T. S. (2020). Emerging themes of public-private partnership application in developing smart city projects: A conceptual framework. Built Environment Project and Asset Management, 11(1), 138–156. https://doi.org/10.1108/BEPAM-12-2019-0142

Liyanage, C., & Villalba-Romero, F. (2015). Measuring success of PPP transport projects: A cross-case analysis of toll roads. Transport Reviews, 35(2), 140–161. https://doi.org/10.1080/01441647.2014.994583

Mangano, G., Castelblanco, G., De Marco, A., & Ottaviani, F. M. (2025). Exploring the drivers of concession period in transport public–private partnerships. Built Environment Project and Asset Management, 15(2), 193–210. https://doi.org/10.1108/BEPAM-04-2024-0095

Michelucci, F., De Marco, A., Mangano, G., & Calderini, M. (2013). Framework to use public-private partnership for smart city projects. In Innovation in Public Finance Conference (pp. 1–14).

Moolngearn, P., & Kraiwanit, T. (2024). Implication of smart economy governance: A perspective of smart cities in an emerging country. Journal of Governance and Regulation, 13(2, Special Issue), 431–442. https://doi.org/10.22495/jgrv13i2siart18

Mutasa, E. T., Dhiwwale, C., & Gopal, S. S. A. (2024). Artificial intelligence in developing economies: Unpacking business innovations, prospects, and challenges. International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences, 14(11). https://doi.org/10.6007/IJARBSS/v14-i11/23529

Narbaev, T., Aitkhozha, B., Samoilov, A., & Castelblanco, G. (2025). An assessment of financial stability of artificial intelligence-based monitoring project in Kazakhstan. Eurasian Journal of Economic and Business Studies, 69(2), 95–108. https://doi.org/10.47703/ejebs.v69i2.507

Narbaev, T., Kussaiyn, M., & Sultan, B. (2026). A dark side of artificial intelligence in projects: Preliminary insights from the consulting industry. Procedia Computer Science, 278, 1918–1925. https://doi.org/10.1016/j.procs.2026.03.187

National Bank. (2021). Schedule for decisions on the base rate, 2015–2025. Retrieved March 15, 2026 from https://nationalbank.kz/ru/news/grafik-prinyatiya-resheniy-po-bazovoy-stavke/rubrics/1581

Nurbatsin, A., Kireyeva, A., Gamidullaeva, L., & Abdykadyr, T. (2023). Spatial analysis and technological influences on smart city development in Kazakhstan. Journal of Infrastructure, Policy and Development, 8(2). https://doi.org/10.24294/jipd.v8i2.3012

Osei-Kyei, R., Narbaev, T., Atafo-Adabre, M., Chileshe, N., & Ofori-Kuragu, J. K. (2023a). Critical success criteria for retirement village public–private partnership housing. Construction Innovation, 23(5), 1018–1037. https://doi.org/10.1108/CI-11-2021-0206

Osei-Kyei, R., Jin, X., Nnaji, C., Akomea-Frimpong, I., & Wuni, I. Y. (2023b). Review of risk management studies in public-private partnerships: A scientometric analysis. International Journal of Construction Management, 23(14), 2419–2430. https://doi.org/10.1080/15623599.2022.2063013

Owolabi, H. A., Oyedele, L., Alaka, H., Ebohon, O. J., Ajayi, S., Akinade, O., Bilal, M., & Olawale, O. (2019). Public private partnerships (PPP) in the developing world: Mitigating financiers' risks. World Journal of Science, Technology and Sustainable Development, 16(3), 121–141. https://doi.org/10.1108/WJSTSD-05-2018-0043

Quan, X., & Solheim, M. C. W. (2023). Public-private partnerships in smart cities: A critical survey and research agenda. City, Culture and Society, 32. https://doi.org/10.1016/j.ccs.2022.100491

PPP Portal. (2025). PPP pipeline. Retrieved Macrh15, 2026 from https://ppp.ecc.kz/ru/searchanno

Rebuglio, M., Ottaviani, F. M., & De Marco, A. (2026). Recordkeeping for project management information system in public procurement: An action research. Records Management Journal, 36(1), 1–18. https://doi.org/10.1108/RMJ-10-2023-0052

Samoilov, A., Narbaev, T., Castelblanco, G., & Mukashev, Y. (2024). Evaluating public-private partnership dynamics: The Kazakhstan toll road case. Eurasian Journal of Economic and Business Studies, 68(1), 131–142. https://doi.org/10.47703/ejebs.v68i1.374

Samoilov, A., Narbaev, T., Ottaviani, F. M., De Marco, A., Castelblanco, G., & Kussain, M. (2026). Critical success factors in public-private partnership projects in an emerging economy: A survey in Kazakhstan. Procedia Computer Science, 278, 1444–1452. https://doi.org/10.1016/j.procs.2026.03.130

Samoilov, A., Osei-Kyei, R., Kussaiyn, M., Mamyrbayev, A., & Mukashev, Y. (2024). Cross-country comparison of risk factors in public–private partnerships in infrastructure development: Evidence from Colombia, Kazakhstan, and Ghana. Sustainability, 16(13), 5712. https://doi.org/10.3390/su16135712

Serikbay, D., Kozhakhmetova, A., Jumasseitova, A. K., & Mukashev, Y. (2025). When machines manage: How AI is reshaping project management practices. International Journal of Asian Business and Information Management, 16(1), 1–18. https://doi.org/10.4018/IJABIM.384773

Serikbayev, N., Iskakov, E., & Mussina, G. (2022). Economic losses due to premature mortality resulting from accidents, poisonings, and injuries. Traumatology and Orthopaedics of Kazakhstan, 65(4), 4–14. https://doi.org/10.52889/1684-9280-2022-4-65-4-14

Shor, I. (2023). Advantages and barriers in the development of "smart cities" through public-private partnerships. Vestnik MGPU, 4(34),37. https://doi.org/10.25688/2312-6647.2022.34.4.03

Sterman, J. D. (2000). Business dynamics: Systems thinking and modeling for a complex world. McGraw-Hill.

Vensim Introduction & Tutorials. (2019). Sensitivity2All. Retrieved March 15, 2026 from https://www.vensim.com/documentation/sensitivity2all.html

Zhandarbekova, A., & Murzabekova, K. (2024). Road safety situation in the city of Almaty. Vestnik KazATK, 133(4), 16–23. https://doi.org/10.52167/1609-1817-2024-133-4-16-23

Information about the authors

Andrey A. Samoilov – PhD candidate, Kazakh-British Technical University, Almaty, Kazakhstan, email: a.samoilov@kbtu.kz, ORCID ID: https://orcid.org/0009-0006-0548-4982
Zhanibek T. Smagul – Master, Kazakh-British Technical University, Almaty, Kazakhstan, email: zhanibek.smagul@mail.ru
Almas N. Mamyrbayev – PhD, Kazakh-British Technical University, Almaty, Kazakhstan, email: a.mamyrbayev@kbtu.kz

Авторлар туралы мәліметтер

Самойлов А.А. – PhD докторанты, Қазақстан-Британ техникалық университеті, Алматы, Қазақстан, email: a.samoilov@kbtu.kz, ORCID ID: https://orcid.org/0009-0006-0548-4982
Смагул Ж.Т. – мастер, Қазақстан-Британ техникалық университеті, Алматы, Қазақстан, email: zhanibek.smagul@mail.ru
Мамырбаев А.Н. – PhD, Қазақстан-Британ техникалық университеті, Алматы, Қазақстан, email: a.mamyrbayev@kbtu.kz

Сведения об авторах

Самойлов А.А. – PhD докторант, Казахстанско-Британский технический университет, Алматы, Казахстан, email: a.samoilov@kbtu.kz, ORCID ID: https://orcid.org/0009-0006-0548-4982
Смагул Ж.Т. – мастер, Казахстанско-Британский технический университет, Алматы, Казахстан, email: zhanibek.smagul@mail.ru
Мамырбаев А.Н. – PhD, Казахстанско-Британский технический университет, Алматы, Казахстан, email: a.mamyrbayev@kbtu.kz

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions and data contained in the publications are solely those of the individual author(s) and do not necessarily reflect the views of the editorial board, the publisher, or the founders of the journal. The publisher and the editors disclaim any responsibility for any consequences arising from the use of the ideas, methods, instructions, or recommendations contained in the published materials.