АНОТАЦІЯ

Распутний Д.С. Цифровий інструментарій управління економічними параметрами інвестиційно-будівельних проєктів. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 051 – Економіка, галузь знань 05 – Соціальні та поведінкові науки. – Київський національний університет будівництва і архітектури, Міністерство освіти і науки України, Київ, 2026 р.

Дисертація присвячена розв'язанню актуального науково-прикладного завдання щодо розвитку теоретико-методичних положень і розроблення практичних рекомендацій з формування та впровадження цифрового інструментарію управління економічними параметрами інвестиційно-будівельних проєктів в умовах цифрової трансформації економіки.

Актуальність теми дослідження зумовлена необхідністю підвищення ефективності реалізації інвестиційно-будівельних проєктів, скорочення витрат, мінімізації ризиків та забезпечення якісної координації між учасниками будівельного процесу. Цифровізація будівельної галузі, впровадження технологій інформаційного моделювання будівель (BIM), інструментів аналізу даних, технологій підтримки прийняття управлінських рішень та сучасних методів оцінювання ефективності проєктів визначають нові вимоги до побудови систем управління економічними параметрами інвестиційно-будівельної діяльності.

У роботі досліджено теоретичні засади цифрової трансформації підприємств будівельної галузі та обґрунтовано імперативи їх розвитку в умовах цифровізації економіки. Проведено SWOT-аналіз цифрової зрілості учасників будівництва, що дозволило визначити ключові фактори готовності суб'єктів галузі до впровадження цифрових технологій та виявити напрями підвищення ефективності їх використання.

Особливу увагу приділено розробленню цифрового інструментарію підтримки управлінських рішень щодо забезпечення трудомісткості будівництва на основі використання апарату нечітких множин. Запропонований підхід

дозволяє враховувати невизначеність, неповноту та нечіткість інформації, характерні для інвестиційно-будівельних проєктів, що сприяє підвищенню обґрунтованості управлінських рішень.

У дисертації здійснено систематизацію факторів впливу на економічну ефективність проєктних рішень та побудовано концептуальну модель оцінювання їх впливу на результати реалізації інвестиційно-будівельних проєктів. Розглянуто взаємозв'язок між рівнем матеріаломісткості залізобетонних робіт та досягненням цільових економічних показників.

Значне місце в дослідженні посідає оцінювання економічної ефективності використання технологій інформаційного моделювання будівель на різних етапах життєвого циклу інвестиційно-будівельних проєктів. Доведено, що впровадження BIM-технологій забезпечує підвищення прозорості інформаційних потоків, покращення координації між учасниками проєкту, скорочення термінів реалізації робіт, зменшення непродуктивних витрат та підвищення економічної результативності проєктної діяльності.

Окремий напрям дослідження присвячено аналізу ризиків, що впливають на досягнення цілей будівельних учасників будівництва у контексті застосування цифрових технологій. Сформовано підходи до ідентифікації, оцінювання та моніторингу ризиків цифрової трансформації інвестиційно-будівельних проєктів із використанням сучасних цифрових інструментів управління, а також запропоновано підхід до ідентифікації ризиків відхилень реальних параметрів процесу будівництва від проєктних із застосуванням нечітких множин, на прикладі показників трудомісткості.

У першому розділі дослідження розкрито теоретико-методичні засади цифровізації управління економічними параметрами інвестиційно-будівельних проєктів в умовах трансформації економічних відносин. Здійснено комплексний аналіз еволюції наукових поглядів щодо застосування цифрових технологій у будівництві, узагальнено концепції цифрової економіки та визначено ключові напрями цифрової трансформації галузі, яка дедалі більше залежить від інтеграції новітніх інструментів у процеси планування, моніторингу й контролю.

Значну увагу приділено вивченню сучасних цифрових технологій, зокрема інформаційного моделювання будівель (BIM-технологій) на всіх етапах життєвого циклу об’єкта. Проаналізовано їхній потенціал щодо підвищення ефективності використання ресурсів, покращення координації учасників та адаптації передового міжнародного досвіду до вітчизняної практики. Окреслено економічну сутність інвестиційно-будівельних проєктів як складних систем і охарактеризовано вплив цифровізації на механізми управління вартістю, строками, якістю та ризиками.

Узагальнення наукових джерел засвідчило, що попри високий рівень вивчення окремих аспектів, питання формування цілісного цифрового інструментарію управління економічними параметрами залишаються недостатньо дослідженими. Це зумовлює потребу в розробленні методичних підходів до оцінювання готовності до цифровізації, аналізу факторів впливу на ефективність рішень та інтеграції BIM-технологій у єдину систему управління.

На основі проведеного аналізу сформовано теоретичне підґрунтя для подальшого розвитку науково-методичних засад і створення практичного інструментарію. Це обґрунтовує необхідність розробки інтегрованих моделей та методів, що поєднують сучасні цифрові технології з механізмами економічного управління й підтримки прийняття рішень для ефективної реалізації проєктів в умовах цифрової трансформації.

У другому розділі дослідження розроблено теоретико-методичні засади цифрового моніторингу параметрів будівельного виробництва на основі аналізу ресурсних характеристик монолітних залізобетонних робіт. Запропонований підхід орієнтований на безперервне спостереження за параметрами виконання процесів для своєчасного виявлення відхилень і запобігання дефектам на ранніх стадіях реалізації проєкту.

На основі чинних ресурсних елементних кошторисних норм встановлено, що монолітні залізобетонні роботи є найбільш репрезентативними: 44,68% усіх нормативних позицій збірника становлять роботи з улаштування конструкцій, а сукупна частка робіт, пов'язаних із виготовленням елементів із бетону та залізобетону, перевищує 65% номенклатури. Обґрунтовано систему параметрів

оцінювання, що охоплює обсяги робіт, геометричні характеристики, властивості матеріалів, параметри армування та ресурсомісткість.

Статистичний аналіз дозволив визначити основні кількісні характеристики процесів: для улаштування монолітних залізобетонних конструкцій середня трудомісткість становить 382,75±92,86 люд.-год. на 100 м³, для бетонування поверхонь – 18,96±22,75 люд.-год. на 100 м², а для арматурних робіт – 41,47±20,41 люд.-год. на 1 т арматури. Для виконання 100 м³ монолітних конструкцій у середньому використовується 139,54±31,9 т будівельних матеріалів, тоді як на 1 т арматури припадає 29,41±16,35 т супутніх матеріалів.

За результатами кореляційного та регресійного аналізу підтверджено стійкий прямий зв'язок між трудомісткістю та масою матеріалів: для об'ємних конструкцій кожна додаткова тонна потребує 2,11±0,103 люд.-год. праці, а для арматурних робіт – 0,59±0,17 люд.-год. Отримані залежності обґрунтовують використання маси матеріальних ресурсів як ключового параметра прогнозування трудомісткості та моніторингу будівельних процесів.

У третьому розділі дисертації розроблено концептуальну модель цифрового управління економічними параметрами інвестиційно-будівельних проєктів на основі інтеграції цифрового середовища (BIM, GIS, IoT, ERP, CDE, Digital Twin), економіко-математичних моделей, оцінювання ризиків та цифрової зрілості учасників. Підхід забезпечує взаємозв'язок між економічними показниками, рівнем цифрової трансформації та ризиками середовища.

Для ідентифікації та аналізу ризиків в умовах невизначеності обґрунтовано застосування методів Fuzzy Logic, Fuzzy AHP, Fuzzy TOPSIS, Fuzzy DEMATEL і нечітких когнітивних карт. Участь блоку оцінювання цифрової зрілості девелопера, замовника, проєктувальника та підрядника забезпечує формування рекомендацій щодо досягнення цільових параметрів вартості, строків і ресурсного забезпечення.

Досліджено сучасні підходи до організації процесу проєктування як ключової передумови управління ризиками. Визначено напрями підвищення ефективності, зокрема оптимізація рішень, багаівіріантність, паралельне

виконання робіт, цифровізація документації та раннє залучення стейкхолдерів, що сприяє скороченню тривалості циклу та зменшенню ризиків.

Розроблено науково-методичний підхід до цифрового управління ризиками з використанням теорії нечітких множин, де трудомісткість розглядається як інтегральний індикатор відхилень від проєктних вимог. Обґрунтовано, що надмірне відхилення витрат праці (як у бік зменшення, так і збільшення) свідчить про порушення технологічного процесу та виникнення ризиків.

Запропоновано підхід до оцінювання меж трудомісткості на основі нечітких чисел другого типу та асиметричної фаззифікації для врахування песимістичних сценаріїв. Сформовано методичний підхід до зонування фактичної трудомісткості на прийнятну, ризикову та критичну області з використанням дзвоноподібних функцій належності, що забезпечує випереджувальне виявлення ризиків і підтримку рішень у цифровому середовищі на основі BIM-технологій та інтелектуальної аналітики.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у розробленні комплексного підходу до управління економічними параметрами інвестиційно-будівельного процесу на основі використання цифрового інструментарію, який поєднує інструменти нечітко-множинного моделювання ризиків, BIM-технології, систему цифрового управління параметрами будівництва, оцінювання цифрової зрілості учасників будівництва у комплексну систему підвищення якості і прогнозованості будівельного процесу.

Удосконалено:

– концептуальний підхід до побудови моделі цифрового управління економічними параметрами інвестиційно-будівельних проєктів протягом усього життєвого циклу, який, на відміну від існуючих підходів, забезпечує інтеграцію в єдиному цифровому інформаційному середовищі технологій BIM, GIS, IoT, ERP, CDE та Digital Twin із нечіткою системою оцінювання ризиків, інструментами визначення рівня цифрової зрілості учасників проєкту та інтелектуальною системою підтримки прийняття рішень, що дозволяє здійснювати адаптивне управління вартісними, часовими та ресурсними

параметрами будівництва в режимі реального часу з урахуванням невизначеності зовнішнього і внутрішнього середовища**;**

– науково-методичні основи ризик-орієнтованого управління параметрами будівництва, які запропоновано базувати на поєднанні економіко-математичного моделювання трудомісткості будівельних робіт із методами нечіткої логіки та забезпечують прогнозне оцінювання ризиків відхилення параметрів будівельної продукції від проєктних характеристик в умовах невизначеності, неповноти та якісної неоднорідності інформаційного забезпечення будівельного виробництва. Науково-методичний підхід передбачає формування інтервальних меж параметрів будівництва з урахуванням невизначеності організаційних, технологічних, матеріальних та кадрових чинників, а використання апарату нечітких множин дає змогу враховувати нечіткість, неповноту та експертний характер вхідної інформації під час оцінювання ризиків;

– теоретичні положення щодо прогнозування параметрів будівництва шляхом визначення трудомісткості залізобетонних робіт на основі системи чинників оперативного контролю, зокрема геометричних характеристик конструкцій, обсягів виконаних робіт, показників якості бетонної суміші та затверділого бетону, параметрів армування, а також рівня дотримання технологічних операцій. Запропонований підхід забезпечує можливість оцінювання не лише кінцевих результатів будівництва, а й поточного стану реалізації будівельного процесу на всіх стадіях створення конструкції, що сприяє своєчасному виявленню відхилень від проєктних рішень, встановленню причин виникнення дефектів та підвищенню достовірності прогнозування економічних параметрів будівельних проєктів;

Набули подальшого розвитку:

– теоретичні засади підвищення ефективності діяльності підприємств будівельної галузі в умовах цифрового середовища, які розвинено шляхом обґрунтування взаємозалежності між ступенем цифрової трансформації бізнес-процесів та динамікою основних економічних параметрів будівництва (вартістю, термінами виконання, якістю та рівнем ризиків). Це дало змогу сформувати теоретичну основу для трактування цифровізації не лише як сучасного етапу

розвитку економічних систем і нового формату інформаційної взаємодії учасників будівельної діяльності, а й як ключового чинника якісних змін у будівельному процесі, що забезпечує можливість цілеспрямованого управління параметрами проєкту протягом усього його життєвого циклу;

– інструментарій прогнозування параметрів будівництва, заснований на нечітко-множинному поданні економіко-математичних моделей, який доповнено нормативними інтервалами допустимих трудових витрат. Це забезпечує можливість своєчасного виявлення відхилень будівельних робіт від раціональних режимів їх виконання та запобігання відхиленням фактичних характеристик будівельної продукції від запланованих показників. На основі побудованих однофакторних моделей для монолітних залізобетонних конструкцій і процесів армування запропоновано підхід до інтервального оцінювання трудомісткості, що інтегрує методи регресійного аналізу та нечіткої логіки. У межах цього підходу маса матеріалів, виробів і конструкцій використовується як базовий параметр оперативного моніторингу технологічних процесів, що дозволяє формувати цифрові критерії оцінювання відповідності фактичних витрат праці раціональним умовам виконання будівельних робіт;

– методичий підхід до оцінювання цифрової зрілості учасників проєкту, який ґрунтується на визначенні рівня розвитку BIM-технологій, цифрових компетентностей персоналу, автоматизації бізнес-процесів, інтеграції даних, кібербезпеки та цифрового управління ризиками, результатом чого є формування інтегрального індексу цифрової зрілості, що дозволило визначати вплив рівня цифрової трансформації учасників будівництва на ефективність управління ризиками та досягнення цільових показників вартості, строків і ресурсного забезпечення;

– методичний підхід до оцінювання цифрової зрілості учасників будівельного проєкту, який передбачає комплексне врахування рівня впровадження BIM-технологій, розвитку цифрових компетентностей персоналу, ступеня автоматизації бізнес-процесів, інтегрованості інформаційних потоків, стану кібербезпеки та практик цифрового управління ризиками. Результатом

застосування підходу є розрахунок інтегрального індексу цифрової зрілості, що дає змогу оцінювати вплив рівня цифрової трансформації суб'єктів будівельної діяльності на ефективність ризик-менеджменту, а також на досягнення цільових показників вартості, тривалості виконання робіт і ресурсного забезпечення проєкту.

Теоретичне значення дисертації полягає у розвитку теоретико-методичних засад цифрового управління економічними параметрами інвестиційно-будівельного процесу на основі інтеграції цифрових технологій, економіко-математичного моделювання та ризик-орієнтованого підходу. Удосконалено наукові положення щодо управління вартістю, термінами, трудомісткістю та ресурсним забезпеченням будівництва з урахуванням цифрової зрілості учасників проєкту та впливу ризикових факторів. Подальшого розвитку набули теоретичні підходи до використання BIM-технологій, цифрових двійників, систем підтримки прийняття рішень та методів нечітких множин у процесах управління будівництвом.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості застосування запропонованих методичних положень, моделей і рекомендацій підприємствами будівельної галузі, девелоперськими компаніями, проєктними організаціями для підвищення ефективності реалізації інвестиційно-будівельних проєктів, забезпечення раціонального використання ресурсів і досягнення цільових економічних показників.

Обґрунтування економічних переваг застосування BIM сприятиме підвищенню ефективності використання інвестиційних ресурсів, забезпеченню прозорості фінансових потоків, зменшенню витрат протягом усього життєвого циклу об'єкта. Таким чином, дослідження доцільності застосування технологій інформаційного моделювання будівель у взаємозв'язку з усіма етапами життєвого циклу інвестиційно-будівельних проєктів має не лише теоретичне, а й вагоме практичне значення. Воно спрямоване на розроблення науково обґрунтованих підходів до оцінювання результативності цифрових інновацій у будівництві, удосконалення механізмів управління інвестиційними процесами та забезпечення сталого економічного розвитку будівельної галузі в умовах

цифрової економіки.

Ключові слова: цифровізація, учасники будівництва, інвестиційно-будівельний проєкт, BIM-технології, цифрова зрілість, управління ризиками, управління вартістю, теорія нечітких множин, стейкхолдери, життєвий цикл проєкту, ефективність, трудомісткість, інноваційний розвиток, економічні параметри.

ABSTRACT

Rasputny D.S. Digital tools for managing economic parameters of investment and construction projects. – Qualification scientific work in the form of a manuscript.

Thesis for the Doctor of Philosophy degree in specialty 051 – Economics, branch of knowledge 05 – Social and behavioral sciences. – Kyiv National University of Construction and Architecture, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2026

The dissertation is devoted to solving the current scientific and applied problem of developing theoretical and methodological provisions and developing practical recommendations for the formation and implementation of digital tools for managing the economic parameters of investment and construction projects in the conditions of digital transformation of the economy.

The relevance of the research topic is due to the need to increase the efficiency of the implementation of investment and construction projects, reduce costs, minimize risks and ensure high-quality coordination between participants in the construction process. Digitalization of the construction industry, the introduction of building information modeling technologies (BIM), data analysis tools, management decision-making support technologies and modern methods for assessing the effectiveness of projects determine new requirements for building systems for managing the economic parameters of investment and construction activities.

The paper examines the theoretical principles of the digital transformation of enterprises in the construction industry and substantiates the imperatives of their development in the conditions of digitalization of the economy. A SWOT analysis of the digital maturity of construction participants was conducted, which made it possible to determine the key factors of the readiness of industry entities to implement digital technologies and identify areas for increasing the efficiency of their use.

Particular attention was paid to the development of a digital toolkit to support management decisions regarding ensuring the labor intensity of construction based on the use of the fuzzy set apparatus. The proposed approach allows taking into account the uncertainty, incompleteness and vagueness of information characteristic of

investment and construction projects, which contributes to increasing the validity of management decisions.

The dissertation systematizes the factors influencing the economic efficiency of design decisions and builds a conceptual model for assessing their impact on the results of the implementation of investment and construction projects. The relationship between the level of material intensity of reinforced concrete works and the achievement of target economic indicators is considered.

A significant place in the study is occupied by the assessment of the economic efficiency of the use of building information modeling technologies at different stages of the life cycle of investment and construction projects. It is proven that the implementation of BIM technologies provides increased transparency of information flows, improved coordination between project participants, reduced work implementation times, reduced unproductive costs and increased economic efficiency of project activities.

A separate area of research is devoted to the analysis of risks that affect the achievement of the goals of construction participants in the context of the use of digital technologies. Approaches to identifying, assessing and monitoring the risks of digital transformation of investment and construction projects using modern digital management tools have been developed, and an approach to identifying the risks of deviations of real parameters of the construction process from the design ones using fuzzy sets, using labor intensity indicators as an example, has been proposed.

The first section of the study reveals the theoretical and methodological foundations for the digitalization of economic parameter management in investment and construction projects under the conditions of economic relations transformation. A comprehensive analysis of the evolution of scientific views regarding the application of digital technologies in construction was carried out, the concepts of the digital economy were summarized, and key areas of the industry's digital transformation—which increasingly depends on the integration of cutting-edge tools into planning, monitoring, and control processes—were identified.

Significant attention is paid to studying modern digital technologies, particularly Building Information Modeling (BIM technologies) at all stages of a facility's life

cycle. Their potential to improve resource utilization efficiency, enhance stakeholder coordination, and adapt advanced international experience to domestic practice was analyzed. The economic essence of investment and construction projects as complex systems is outlined, and the impact of digitalization on cost, schedule, quality, and risk management mechanisms is characterized.

The generalization of scientific sources showed that despite a high level of research on certain aspects, the formation of a holistic digital toolset for managing economic parameters remains insufficiently investigated. This necessitates the development of methodological approaches to assessing readiness for digitalization, analyzing factors influencing decision-making efficiency, and integrating BIM technologies into a unified management system.

Based on the analysis, a theoretical foundation was formed for the further development of scientific and methodological principles and the creation of practical tools. This substantiates the need to develop integrated models and methods that combine modern digital technologies with economic management and decision-support mechanisms to ensure the effective implementation of projects under digital transformation.

The second section of the study develops theoretical and methodological foundations for the digital monitoring of construction production parameters based on an analysis of the resource characteristics of monolithic reinforced concrete works. The proposed approach focuses on continuous observation of process execution parameters for the timely detection of deviations and the prevention of defects at early stages of project implementation.

Based on current resource element estimate norms, it was established that monolithic reinforced concrete works are the most representative: 44,68% of all normative positions in the collection constitute structural installation works, and the cumulative share of works related to the manufacture of concrete and reinforced concrete elements exceeds 65% of the nomenclature. An evaluation parameter system was substantiated, covering work volumes, geometric characteristics, material properties, reinforcement parameters, and resource intensity.

Statistical analysis made it possible to determine the main quantitative

characteristics of the processes: for the installation of monolithic reinforced concrete structures, the average labor intensity is 382,75±92,86 person-hours per 100 m³, for surface concreting – 18,96±22,75 person-hours per 100 m³, and for reinforcement works – 41,47±20,41 person-hours per 1 ton of reinforcement. To execute 100 m³ of monolithic structures, an average of 139,54±31,9 tons of building materials is used, while 1 ton of reinforcement accounts for 29,41±16,35 tons of associated materials.

Based on the results of correlation and regression analysis, a stable direct relationship between labor intensity and the mass of materials was confirmed: for volumetric structures, each additional ton requires 2,11±0,103 person-hours of labor, and for reinforcement works – 0,59±0,17 person-hours. The obtained dependencies substantiate the use of material resource mass as a key parameter for forecasting labor intensity and monitoring construction processes.

The third section of the dissertation develops a conceptual model for the digital management of economic parameters in investment and construction projects based on the integration of a digital environment (BIM, GIS, IoT, ERP, CDE, Digital Twin), economic and mathematical models, risk assessment, and participants' digital maturity. The approach ensures the interconnection between economic indicators, the level of digital transformation, and environmental risks.

To identify and analyze risks under uncertainty, the application of Fuzzy Logic, Fuzzy AHP, Fuzzy TOPSIS, Fuzzy DEMATEL methods, and fuzzy cognitive maps was substantiated. The inclusion of a digital maturity assessment block for the developer, client, designer, and contractor ensures the generation of recommendations for achieving target cost, schedule, and resource supply parameters.

Modern approaches to organizing the design process as a key prerequisite for risk management were investigated. Directions for increasing efficiency were identified, including decision optimization, multi-variant design, parallel execution of works, digitalization of documentation, parametric design, and early stakeholder involvement, which helps shorten the investment cycle duration and reduce risks.

A scientific and methodological approach to digital risk management was developed using fuzzy set theory, where labor intensity is considered an integral indicator of deviations from project requirements. It was substantiated that excessive

deviation of labor costs (both downward and upward) indicates a violation of the technological process and the emergence of risks.

An approach to assessing labor intensity limits based on type-2 fuzzy numbers and asymmetric fuzzification was proposed to account for pessimistic scenarios. A methodological approach to zoning actual labor intensity into acceptable, risky, and critical areas using bell-shaped membership functions was formed, ensuring proactive risk identification and decision support in a digital environment based on BIM technologies and intelligent analytics.

The scientific novelty of the results obtained lies in the development of a comprehensive approach to managing the economic parameters of the investment and construction process based on the use of digital tools that combine tools for fuzzy set risk modeling, BIM technologies, a system for digital management of construction parameters, and an assessment of the digital maturity of construction participants into a comprehensive system for improving the quality and predictability of the construction process.

Improved:

– a conceptual approach to building a model of digital management of economic parameters of investment and construction projects throughout the life cycle, which, unlike existing approaches, provides integration in a single digital information environment of BIM, GIS, IoT, ERP, CDE and Digital Twin technologies with a fuzzy risk assessment system, tools for determining the level of digital maturity of project participants and an intelligent decision support system, which allows for adaptive management of cost, time and resource parameters of construction in real time, taking into account the uncertainty of the external and internal environment;

– scientific and methodological foundations of risk-oriented management of construction parameters, which are proposed to be based on a combination of economic and mathematical modeling of the labor intensity of construction work with fuzzy logic methods and provide predictive assessment of risks of deviation of construction product parameters from design characteristics in conditions of uncertainty, incompleteness and qualitative heterogeneity of information support for construction production. The scientific and methodological approach involves the formation of

interval limits of construction parameters taking into account the uncertainty of organizational, technological, material and personnel factors, and the use of the fuzzy set apparatus allows taking into account the vagueness, incompleteness and expert nature of the input information during risk assessment;

– theoretical provisions on predicting construction parameters by determining the labor intensity of reinforced concrete works based on a system of operational control factors, in particular, geometric characteristics of structures, volumes of work performed, quality indicators of concrete mix and hardened concrete, reinforcement parameters, as well as the level of compliance with technological operations. The proposed approach provides the ability to evaluate not only the final results of construction, but also the current state of implementation of the construction process at all stages of creating a structure, which contributes to the timely detection of deviations from design solutions, establishing the causes of defects and increasing the reliability of forecasting economic parameters of construction projects;

The following have been further developed:

– theoretical principles for increasing the efficiency of construction enterprises in the digital environment, which have been developed by substantiating the interdependence between the degree of digital transformation of business processes and the dynamics of the main economic parameters of construction (cost, completion time, quality and risk level). This made it possible to form a theoretical basis for interpreting digitalization not only as a modern stage in the development of economic systems and a new format of information interaction between participants in construction activities, but also as a key factor in qualitative changes in the construction process, which provides the possibility of targeted management of project parameters throughout its life cycle;

– a toolkit for predicting construction parameters, based on a fuzzy-multiple representation of economic and mathematical models, which is supplemented by regulatory intervals of permissible labor costs. This provides the possibility of timely detection of deviations of construction work from rational modes of their execution and prevention of deviations of the actual characteristics of construction products from planned indicators. Based on the constructed single-factor models for monolithic

reinforced concrete structures and reinforcement processes, an approach to interval labor intensity assessment is proposed, which integrates regression analysis and fuzzy logic methods. Within the framework of this approach, the mass of materials, products and structures is used as a basic parameter for operational monitoring of technological processes, which allows forming digital criteria for assessing the compliance of actual labor costs with rational conditions for performing construction work.;

– a methodological approach to assessing digital maturity in project participants, which is based on determining the level of development of BIM technologies, digital competencies of personnel, automation of business processes, data integration, cybersecurity and digital risk management, resulting in the formation of an integral digital maturity index, which made it possible to determine the impact of the level of digital transformation of construction participants on the effectiveness of risk management and the achievement of cost, time and resource support targets.

– a methodological approach to assessing the digital maturity of construction project participants, which involves comprehensive consideration of the level of implementation of BIM technologies, the development of digital competencies of personnel, the degree of automation of business processes, the integration of information flows, the state of cybersecurity and digital risk management practices. The result of applying the approach is the calculation of an integral digital maturity index, which makes it possible to assess the impact of the level of digital transformation of construction activity entities on the effectiveness of risk management, as well as on the achievement of cost, duration and resource support targets of the project.

The theoretical significance of the dissertation lies in the development of theoretical and methodological principles of digital management of economic parameters of the investment and construction process based on the integration of digital technologies, economic and mathematical modeling and a risk-oriented approach. Scientific provisions on the management of cost, terms, labor intensity and resource provision of construction have been improved, taking into account the digital maturity of project participants and the influence of risk factors. Theoretical approaches to the use of BIM technologies, digital twins, decision support systems and fuzzy set methods in construction management processes have been further developed.

The practical significance of the results obtained lies in the possibility of applying the proposed methodological provisions, models and recommendations by construction enterprises, development companies, design organizations to increase the efficiency of the implementation of investment and construction projects, ensure the rational use of resources and achieve target economic indicators.

Substantiation of the economic benefits of using BIM will contribute to increasing the efficiency of investment resources, ensuring transparency of financial flows, reducing costs throughout the entire life cycle of the facility. Thus, the study of the feasibility of using building information modeling technologies in connection with all stages of the life cycle of investment and construction projects has not only theoretical, but also significant practical significance. It is aimed at developing scientifically based approaches to assessing the effectiveness of digital innovations in construction, improving investment process management mechanisms and ensuring sustainable economic development of the construction industry in the digital economy.

Keywords: digitalization, construction participants, investment and construction project, BIM technologies, digital maturity, risk management, cost management, fuzzy set theory, stakeholders, project life cycle, efficiency, labor intensity, innovative development, economic parameters.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у періодичних наукових виданнях, що увійшли до переліку наукових фахових видань України:

1. Титок В.В., **Распутний Д.С.** Імперативи управління розвитком підприємств в умовах цифровізації економіки. *Цифрова економіка та* економічна безпека, 2023, 7(08), 75-79. https://doi.org/10.32782/dees.7-12 *Особистий внесок здобувача: здійснено аналіз індексу цифрової конкурентоспроможності України та показників діяльності підприємств в умовах цифровізації економіки, а також визначено імперативи й принципи управління їхнім розвитком.*

2. **Распутний Д.С.**, Коваль О.О., Пилюта В.О. SWOT-аналіз цифрової зрілості учасників будівництва. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2023, 52(1), 227-237. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2023.52(1).227-237. *Особистий внесок здобувача: проведено комплексний SWOT-аналіз цифрової зрілості ключових учасників інвестиційно-будівельних проєктів (девелоперів, підрядників і проєктувальників) та визначено їхні сильні й слабкі сторони, можливості та загрози в умовах цифрової трансформації галузі.*

3. Філіппов О.В., **Распутний Д.С.** Цифровий інструментарій управління якістю будівництва на основі теорії нечітких множин. *Нові технології в будівництві*, 2024, 45, 83-93. https://doi.org/10.32782/2664-0406.2024.45.12. *Особистий внесок здобувача: розроблено та обґрунтовано науково-методичний підхід до моделювання трудомісткості малярних робіт і формуванні цифрового інструментарію управління якістю будівництва на основі поєднання статистичних методів і апарату теорії нечітких множин.*

4. Чертков О.Ю., Шумак Л.В., **Распутний Д.С.** Аналіз факторів впливу на ефективність проектних рішень. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*. 2024, 53(2), 123-141. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.53(2).123-141. *Особистий внесок здобувача: досліджено та систематизовано зовнішні і внутрішні фактори, що впливають на*

ефективність проєктних рішень у будівництві, а також у розроблено авторські таблиці і методичні кроки щодо вдосконалення проєктної діяльності в умовах ринкових відносин.

5. **Распутний Д.С.**, Титок В.В. Оцінка економічної ефективності використання технологій інформаційного моделювання будівель на різних етапах життєвого циклу інвестиційно-будівельних проектів. *Наукові записки Львівського університету бізнесу та права*, 2025, (45), 598-608. https://doi.org/10.5281/zenodo.17155723. *Особистий внесок здобувача: визначено ролі та оцінно-економічну ефективність застосування технологій інформаційного моделювання будівель (BIM) для оптимізації строків, витрат і забезпечення якості на різних етапах життєвого циклу інвестиційно-будівельних проєктів.*

6. Чертков О.Ю., **Распутний Д.С.** Ризики, що впливають на досягнення цілей будівельних організацій-генпідрядників при реалізації інвестиційно-будівельних проєктів у контексті застосування цифрових технологій. *Шляхи підвищення ефективності будівництва,* 2025, 56(1), 219-223. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56(1).219-223. *Особистий внесок здобувача: визначено ризики, що впливають на досягнення цілей будівельних організацій-генпідрядників при реалізації інвестиційно-будівельних проєктів у контексті застосування цифрових технологій, та запропоновано рекомендації щодо створення інтегрованої системи цифрового ризик-менеджменту для підвищення ризикостійкості компаній.*

Монографії:

7. **Распутний Д.С.** Цифрове управління параметрами будівництва (на прикладі монолітних робіт). *Цифрова трансформація будівництва: стратегічна адженда організаційно-економічного розвитку*: колективна монографія /за загальною редакцією С. П. Стеценка. Київ: Видавництво Людмила, 2026. 460 с. ISBN 978-617-555-402-9

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

тези доповідей на конференціях:

8. **Распутний Д.С.**, Беседа М.В., Тимофєєв Д.В. Діяльність стейкхолдерів будівельних проектів на засадах інноваційної моделі розвитку. *Проблеми генезису економіки інтелектуально-інноваційного капіталу: матеріали доповідей III Міжнародної науково-практичної конференції* (м. Київ, 7-8 листопада 2023 року) у 2-х ч. / за заг. ред. В. М. Лича. Ч. 1. Київ: КНУБА, 2023. С. 245-248. *Особистий внесок здобувача: запропоновано напрями взаємодії стейкхолдерів будівельних проєктів на засадах інноваційної моделі розвитку, що враховують їхню цифрову зрілість та особливості реалізації завдань в умовах цифрової трансформації галузі.*

9. **Распутний Д.С.**, Беседа М.В., Тимофєєв Д.В. Вплив стейкхолдерів будівельних проектів на економічну безпеку девелопера. *Програма та тези доповідей. Архітектура, Дизайн та Будівництво: Інноваційні технології: Міжнародний науково-технічний форум* (15-16 листопада 2023 р., м. Київ). – Київ: Видавництво Ліра-К, 2023. С. 442. *Особистий внесок здобувача: визначено вплив стейкхолдерів будівельних проєктів на економічну безпеку девелопера та обґрунтовано організаційно-економічні заходи щодо мінімізації їх деструктивного впливу для забезпечення стійкого розвитку будівельного підприємства.*

10. Сиволап Ю.В., **Распутний Д.С.** Роль BIM у забезпеченні безпеки будівництва. *Проблеми генезису економіки інтелектуально-інноваційного капіталу: матеріали доповідей IV Міжнародної науково-практичної конференції* (м. Київ, 5-6 листопада 2024 року) у 2-х ч. / за заг. ред. В. М. Лича. Ч. 1. Київ: КНУБА, 2024. С. 344-347. *Особистий внесок здобувача: визначено роль та значення технологій інформаційного моделювання (BIM) у забезпеченні безпеки та ризик-орієнтованого управління інвестиційно-будівельними проєктами на різних етапах їх життєвого циклу.*

11. **Распутний Д.С.** Використання BIM для забезпечення координації між учасниками будівельного процесу. *Програма Круглого столу "Економічні, облікові, організаційно-технологічні, цифрові та комунікаційні аспекти*

поліпшення освітнього та наукового процесів як передумови трансформації будівельної галузі" 29 жовтня 2024 р., м. Київ. С. 27.

12. **Распутний Д.С.** LEAN construction в життєвому циклі інвестиційно-будівельних проєктів. *Програма та тези доповідей. Архітектура, Будівництво, Дизайн: Виробництво, Інформатизація, Менеджмент:* Міжнародний науково-технічний форум (24-25 листопада 2025 р., м. Київ). – Київ: Видавництво Ліра-К, 2025. С. 477-478

13. Титок В.В., **Распутний Д.С.** Оптимізація інвестиційно-будівельних проєктів: BIM-технології як фактор інноваційного розвитку підприємств. *Проблеми генезису економіки інтелектуально-інноваційного капіталу*: матеріали доповідей V Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 4-5 листопада 2025 року) / за заг. ред. В.М. Лича, Л.О. Згалат-Лозинської. Київ: КНУБА, 2025. С. 495-496. *Особистий внесок здобувача: визначено роль та ефективність впровадження BIM-технологій як ключового фактора інноваційного розвитку підприємств і оптимізації процесів реалізації інвестиційно-будівельних проєктів.*