АНОТАЦІЯ

Молодько О. В. **Інтегрована сценарно-цифрова оптимізація організаційно-управлінських рішень проєктів будівництва.** — Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». — Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, 2026.

Дисертацію присвячено обґрунтуванню теоретико-методичних засад і розробленню практичного інструментарію інтегрованої сценарно-цифрової оптимізації організаційно-управлінських рішень проєктів будівництва, що поєднує сценарне прогнозування станів проєкту, цифрові джерела даних та організаційно-технологічні обмеження будівельного виробництва в єдиній моделі. Обґрунтовано необхідність кількісного оцінювання якості організаційно-управлінських рішень з урахуванням не лише їх результатів, а й інформаційного навантаження та когнітивної реакції управлінського персоналу, структурної синхронізації рівнів управління та обмежень проєкту організації будівництва і проєкту виконання робіт.

Нагальність дослідження обумовлена тим, що будівельно-інвестиційні проєкти в Україні реалізуються в умовах воєнного стану, перебоїв енергопостачання, ресурсних обмежень і високої мінливості строків поставок, а управлінська ланка проєкту отримує дедалі більший потік цифрових сигналів від BIM-, ERP- та BI-систем. За відсутності механізмів пріоритезації цих сигналів зростання обсягу доступних даних супроводжується перевантаженням управлінського персоналу, затримками в ухваленні рішень, порушенням строків і перевитратами. Отже, нагальність дослідження визначається потребою будівельних підприємств у моделі, яка дає змогу кількісно оцінювати якість організаційно-управлінських рішень, обирати раціональну конфігурацію

управлінських заходів з урахуванням можливих сценаріїв розвитку подій і перевіряти її на допустимість щодо організаційно-технологічних обмежень проєкту.

Науково-прикладні передумови дослідження сформовано положеннями теорії організації будівельного виробництва, проєктного менеджменту, теорії прийняття рішень в умовах обмеженої раціональності, сценарного планування та синергетики. Науково-методична проблема полягає в тому, що наявні підходи до оптимізації управлінських рішень розвиваються відокремлено: кількісні методи дослідження операцій не враховують поведінкових чинників і перевантаження управлінського персоналу, цифрові підходи — організаційно-технологічних обмежень проєкту організації будівництва та проєкту виконання робіт, а сценарні методи — структури управління проєктом і розподілу відповідальності між його учасниками. Практичний запит визначається потребою будівельних підприємств у розрахункових процедурах і програмних засобах, які за даними реєстру управлінських рішень і цифрових систем моніторингу дають змогу оцінювати стан управлінської системи проєкту, встановлювати сигнальні рівні та своєчасно коригувати управлінські впливи.

У **першому розділі** дисертації уточнено сутність організаційно-управлінського рішення у будівництві як цілеспрямованого вибору і реалізації варіанта організаційного впливу на систему учасників будівельно-інвестиційного проєкту, що ґрунтується на сценарній оцінці можливих станів проєкту за цифровими даними та забезпечує узгодження технологічної черговості робіт, ресурсного забезпечення, строків і ризиків з цілями зацікавлених сторін на всіх фазах життєвого циклу. Класифікацію рішень доповнено ознаками ступеня алгоритмізації та сценарної визначеності.

Визначено особливості будівельно-інвестиційних проєктів як об’єктів організаційного управління — мережеву структуру учасників,

фазову мінливість організаційної логіки, нормативно задану технологічну черговість робіт, багатокомпонентний ризик-профіль і залежність від цифрових джерел даних. Систематизовано процесні, проєктно-управлінські, кількісні, сценарні та цифрові підходи до оптимізації рішень і встановлено, що вони не забезпечують інтеграції сценарного прогнозування, цифрових даних та організаційно-технологічних параметрів будівництва.

У **другому розділі** розроблено каскадну систему аналітичних індикаторів оцінювання ефективності управлінських рішень, яка містить зведений коефіцієнт управлінської ефективності, що співвідносить агреговані нормовані результати рішень з відносними часовими та вартісними витратами на їх ухвалення, а також показники адаптивності та реактивності управлінської системи з визначенням вагових коефіцієнтів за правилом Фішберна. Апробація системи індикаторів в індексній формі відносно базового періоду показала підвищення ефективності управлінських рішень з урахуванням витрат часу та коштів на їх ухвалення.

Розроблено методику побудови адаптивних організаційних структур з урахуванням фаз життєвого циклу інвестиційного проєкту, що містить алгоритм із шести етапів, критерій вибору конфігурації структури, індекси адаптаційної рівноваги, адаптивності та фазово-структурної гармонії. Запропоновано інструменти діагностики ризиків, конфліктів інтересів і невизначеностей: модифіковану функцію очікуваного збитку з адаптивним погашенням ризику, індекс конфліктності стейкхолдерів за чотирма параметрами та процедуру байєсівсько-імітаційного моделювання невизначеності.

У **третьому розділі** побудовано багатофакторну модель прийняття управлінських рішень, яка поєднує індикаторні шари, матрицю міжшарових взаємодій та динамічний блок «інформаційне навантаження – когнітивна реакція – ймовірність раціонального вибору – структурна

синхронізація – якість рішення», а її оптимізаційна постановка передбачає максимізацію очікуваної якості рішень за трьома сценаріями з обмеженнями щодо директивних строків, кошторисної вартості, ресурсів і технологічної черговості робіт. Апробація динамічного блоку моделі в індексній формі відносно базового періоду показала зростання якості організаційно-управлінських рішень, стійкість результату до зміни параметрів і вагових коефіцієнтів та збереження порогової якості рішень у всіх розглянутих сценаріях; інтегральний цифровий індекс і матриця міжшарових взаємодій підлягають ідентифікації в міру накопичення даних цифрового контуру проєкту. Розроблено програмний продукт SmartLoad-DSS, що реалізує розрахунки моделі.

На основі синергетичного підходу запропоновано коефіцієнт синергії складових моделі, що відображає перевищення спільного ефекту складових над сумою їх окремих впливів у межах мультиплікативної структури моделі, та обґрунтовано шість напрямів удосконалення управлінської системи проєкту з відповідальними виконавцями, індикаторами контролю та етапами впровадження.

У **четвертому розділі** виконано практичну реалізацію моделі на проєкті будівництва житлового комплексу з вбудовано-прибудованими приміщеннями обслуговування та паркінгами. Обґрунтовано матричну конфігурацію управління, матрицю відповідальності та реєстр ризиків проєкту. Встановлено, що раціональною є комплексна конфігурація управлінських заходів, яка поєднує структурні та інформаційні заходи, тоді як конфігурація, обмежена цифровими інструментами, за модельним розрахунком не забезпечує порогової якості рішень. Визначено межі стійкості управлінської системи — критичне значення коефіцієнта завантаження управлінського персоналу та допустиме перевищення ризикового навантаження над ресурсним резервом. За період застосування моделі в управлінському обліку зафіксовано скорочення тривалості погодження управлінських рішень, кількості

критичних відхилень від календарного плану, адміністративних і логістичних витрат та зростання рентабельності будівельно-монтажних робіт; оскільки оцінювання виконано в індексній формі, ці зміни характеризують узгодженість фактичної динаміки показників з механізмом дії моделі, а ізольований внесок моделі потребує подальшої верифікації на контрольних об’єктах.

У розділі викладено практичні рекомендації щодо застосування моделі: закріплення матричної конфігурації та матриці відповідальності як стандарту управління проєктами, ведення реєстру управлінських рішень і сигналів на всіх фазах будівництва, встановлення сигнальних рівнів моніторингу, щорічний перерахунок питомих економічних ефектів за даними обліку та оцінювання готовності проєктних команд за коефіцієнтом масштабованості, а також запропоновано формулу річного економічного ефекту з урахуванням витрат на впровадження.

Провідна інновація дослідження полягає в поєднанні сценарного прогнозування станів будівельно-інвестиційного проєкту, цифрових даних про управлінські сигнали та організаційно-технологічних обмежень будівництва в єдиній моделі, яка враховує перетворення інформаційного навантаження на якість рішення через когнітивну реакцію управлінського персоналу та структурну синхронізацію рівнів управління. На відміну від підходів, орієнтованих на окремі кількісні, цифрові чи сценарні інструменти, запропонований інструментарій дає змогу кількісно оцінювати якість організаційно-управлінських рішень, обирати раціональну конфігурацію управлінських заходів, перевіряти її на допустимість щодо проєкту організації будівництва і проєкту виконання робіт та встановлювати сигнальні рівні моніторингу управлінської системи проєкту.

Наукова новизна дисертації полягає в теоретичному обґрунтуванні та розробленні інтегрованої сценарно-цифрової моделі оптимізації організаційно-управлінських рішень проєктів будівництва,

яка забезпечує послідовний перехід від діагностики стану управлінської системи проєкту до вибору конфігурації управлінських заходів, перевірки її допустимості та моніторингу.

У дисертаційній роботі **вперше** розроблено інтегровану сценарно-цифрову модель оптимізації організаційно-управлінських рішень у будівельно-інвестиційних проєктах, яка, на відміну від відомих, поєднує динамічний блок «інформаційне навантаження – когнітивна реакція – ймовірність раціонального вибору – структурна синхронізація – якість рішення» зі стохастичною оптимізаційною постановкою за трьома сценаріями та обмеженнями проєкту організації будівництва і проєкту виконання робіт щодо директивних строків, кошторисної вартості, ресурсів і технологічної черговості робіт, передбачає включення інтегрального цифрового індексу в міру накопичення даних цифрового контуру та дає змогу визначати розрахункові порогові значення стійкості управлінської системи проєкту як підґрунтя для сигнальних рівнів моніторингу.

Удосконалено систему аналітичних індикаторів оцінювання ефективності управлінських рішень у будівельно-інвестиційній діяльності в частині зведеного коефіцієнта управлінської ефективності, що співвідносить агреговані нормовані результати рішень з відносними часовими та вартісними витратами на їх ухвалення, та показників адаптивності й реактивності управлінської системи; методику побудови адаптивних організаційних структур з урахуванням фаз життєвого циклу інвестиційного проєкту, яка поєднує вимоги проєкту організації будівництва та проєкту виконання робіт з критерієм вибору конфігурації структури та індексами адаптаційної рівноваги, адаптивності й фазово-структурної гармонії; інструменти діагностики ризиків, конфліктів інтересів і невизначеностей за рахунок модифікованої функції очікуваного збитку з урахуванням ваги, дисконтування та адаптивного погашення ризику, індексу конфліктності стейкхолдерів за чотирма

параметрами та процедури байєсівсько-імітаційного моделювання невизначеності.

Набули подальшого розвитку понятійний апарат організаційного управління будівництвом у частині визначення організаційно-управлінського рішення, яке поєднує процедурний, організаційно-технологічний, сценарний і цифровий аспекти, та доповнення класифікації рішень ознаками ступеня алгоритмізації і сценарної визначеності; синергетичний підхід до координації учасників будівельно-інвестиційного проєкту через коефіцієнт синергії складових моделі та напрями удосконалення управлінської системи з відповідальними виконавцями й індикаторами контролю; методичні засади оцінювання економічного ефекту та масштабування моделі через питомі значення економічного ефекту та коефіцієнт масштабованості.

Практична цінність результатів дисертації полягає в можливості використання розробленої моделі, методик і програмного продукту SmartLoad-DSS будівельними підприємствами для оцінювання якості організаційно-управлінських рішень, вибору конфігурації управлінських заходів, перевірки її допустимості щодо організаційно-технологічних обмежень і моніторингу стану управлінської системи проєкту. Програмний продукт реалізовано у вигляді вебзастосунку, що не потребує встановлення та капітальних вкладень, а розрахунки ґрунтуються на даних реєстру управлінських рішень, календарного плану та систем BIM, ERP і BI. Рекомендації щодо вибору конфігурації управлінських заходів і сигнальних рівнів моніторингу можуть бути використані під час реалізації проєктів відбудови, а також в освітньому процесі під час підготовки здобувачів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія». Результати дослідження впроваджено в діяльність підприємств і організацій, що підтверджено довідками про впровадження.

Ключові слова: організаційно-управлінські рішення, будівельно-інвестиційний проєкт, сценарно-цифрова оптимізація, організація будівництва, адаптивна організаційна структура, інформаційне навантаження, когнітивна реакція, структурна синхронізація, ризик, конфлікт інтересів, невизначеність, BIM, синергетичний підхід, система підтримки прийняття рішень.

ABSTRACT

Molodko O. V. **Integrated scenario-digital optimization of organizational and managerial decisions in construction projects.** — Qualifying scientific work on the rights of a manuscript.

Dissertation for the Doctor of Philosophy degree in the field of knowledge 19 “Architecture and Construction”, specialty 192 “Construction and Civil Engineering”. — Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, 2026.

The dissertation is devoted to substantiating the theoretical and methodological foundations and developing practical tools for the integrated scenario-digital optimization of organizational and managerial decisions in construction projects, which combine scenario forecasting of project states, digital data sources and the organizational and technological constraints of construction production in a single model. The need is substantiated to assess quantitatively the quality of organizational and managerial decisions taking into account not only their results but also the information load and cognitive response of management personnel, the structural synchronization of management levels and the constraints of the construction organization project and the work execution project.

The urgency of the study is due to the fact that construction investment projects in Ukraine are implemented under martial law, power outages, resource constraints and high volatility of delivery times, while project management receives a growing flow of digital signals from BIM, ERP and BI systems. In the absence of mechanisms for prioritizing these signals, the growth of available data is accompanied by the overload of management personnel, delays in decision-making, missed deadlines and cost overruns. Therefore, the urgency of the study is determined by the need of construction companies for a model that makes it possible to evaluate the quality of organizational and managerial decisions quantitatively, to choose a rational configuration of management measures taking possible scenarios into account and to check it for admissibility against the organizational and technological constraints of the project.

The scientific and applied prerequisites of the study are formed by the provisions of the theory of construction production organization, project management, decision theory under bounded rationality, scenario planning and synergetics. The scientific and methodological problem is that existing approaches to decision optimization develop separately: quantitative operations research methods ignore behavioural factors and the overload of management personnel, digital approaches ignore the organizational and technological constraints of the construction organization project and the work execution project, and scenario methods ignore the project management structure and the distribution of responsibilities among participants. The practical demand is determined by the need of construction companies for calculation procedures and software that use the data of the decision register and digital monitoring systems to assess the state of the project management system, set signal levels and adjust management actions in time.

The **first chapter** clarifies the essence of an organizational and managerial decision in construction as a purposeful choice and implementation of an option of organizational influence on the system of participants of a construction investment project, based on a scenario assessment of possible project states using digital data and ensuring the coordination of the technological sequence of works, resource provision, deadlines and risks with the goals of stakeholders at all phases of the life cycle. The classification of decisions is supplemented with the features of the degree of algorithmization and scenario certainty.

The features of construction investment projects as objects of organizational management are identified: a network structure of participants, phase variability of organizational logic, a normatively defined technological sequence of works, a multi-component risk profile and dependence on digital data sources. Process, project management, quantitative, scenario and digital approaches to decision optimization are systematized, and it is established that they do not integrate scenario forecasting, digital data and the organizational and technological parameters of construction.

The **second chapter** develops a cascade system of analytical indicators for evaluating the effectiveness of management decisions, including a composite coefficient of management effectiveness, which relates aggregated normalized decision results to the relative time and cost of decision-making, as well as indicators of adaptability and reactivity of the management system with weights determined by the Fishburn rule. Testing of the system of indicators in index form relative to the base period showed an increase in the effectiveness of management decisions taking into account the time and cost of their adoption.

A methodology for building adaptive organizational structures that takes into account the phases of the investment project life cycle is developed; it contains a six-stage algorithm, a criterion for selecting the structure configuration, and indices of adaptive equilibrium, adaptability and phase-structural harmony. Tools for diagnosing risks, conflicts of interest and uncertainties are proposed: a modified expected loss function with adaptive risk mitigation, a stakeholder conflict index based on four parameters and a procedure of Bayesian simulation modelling of uncertainty.

The **third chapter** builds a multifactor decision-making model that combines indicator layers, a matrix of inter-layer interactions and a dynamic block “information load – cognitive response – probability of rational choice – structural synchronization – decision quality”, while its optimization formulation maximizes the expected decision quality under three scenarios subject to constraints on directive deadlines, estimated cost, resources and the technological sequence of works. Testing of the dynamic block of the model in index form relative to the base period showed an increase in the quality of organizational and managerial decisions, robustness of the result to changes in parameters and weights, and that the threshold decision quality is maintained in all scenarios considered; the integral digital index and the inter-layer matrix are to be identified as digital-loop data of the project accumulate. The SmartLoad-DSS software product implementing the model calculations is developed.

On the basis of the synergetic approach, a synergy coefficient of the model components is proposed, which reflects the excess of the joint effect of the components over the sum of their separate effects within the multiplicative structure of the model, and six directions for improving the project management system with responsible executors, control indicators and implementation stages are substantiated.

The **fourth chapter** presents the practical implementation of the model in the project of construction of a residential complex with built-in service premises and parking. A matrix management configuration, a responsibility matrix and a project risk register are substantiated. It is established that the rational option is a comprehensive configuration of management measures combining structural and information measures, while a configuration limited to digital tools, according to the model calculation, does not provide the threshold decision quality. The stability limits of the management system are determined: the critical value of the management personnel load coefficient and the permissible excess of risk load over the resource reserve. During the period of the model application, management accounting recorded a reduction in the duration of decision approval, the number of critical deviations from the schedule, administrative and logistics costs, and an increase in the profitability of construction and installation works; since the assessment is carried out in index form, these changes characterize the consistency of the actual dynamics of the indicators with the mechanism of the model, while the isolated contribution of the model requires further verification on control objects.

The chapter sets out practical recommendations for applying the model: establishing the matrix configuration and the responsibility matrix as a project management standard, keeping a register of management decisions and signals at all construction phases, setting monitoring signal levels, annual recalculation of specific economic effects based on accounting data and assessing the readiness of project teams by the scalability coefficient; a formula for the annual economic effect taking into account implementation costs is also proposed.

The leading innovation of the study lies in combining scenario forecasting of the states of a construction investment project, digital data on management signals and the organizational and technological constraints of construction in a single model that takes into account the transformation of information load into decision quality through the cognitive response of management personnel and the structural synchronization of management levels. Unlike approaches focused on separate quantitative, digital or scenario tools, the proposed toolkit makes it possible to evaluate the quality of organizational and managerial decisions quantitatively, to choose a rational configuration of management measures, to check its admissibility against the construction organization project and the work execution project, and to set monitoring signal levels for the project management system.

The scientific novelty of the dissertation lies in the theoretical substantiation and development of an integrated scenario-digital model for optimizing organizational and managerial decisions in construction projects, which provides a consistent transition from diagnosing the state of the project management system to choosing the configuration of management measures, checking its admissibility and monitoring.

For the first time, an integrated scenario-digital model for optimizing organizational and managerial decisions in construction investment projects is developed, which, unlike the known ones, combines the dynamic block "information load – cognitive response – probability of rational choice – structural synchronization – decision quality" with a stochastic optimization formulation under three scenarios and constraints of the construction organization project and the work execution project on directive deadlines, estimated cost, resources and the technological sequence of works, provides for the inclusion of an integral digital index as digital-loop data accumulate and makes it possible to determine calculated threshold values of the stability of the project management system as a basis for monitoring signal levels.

Improved are the system of analytical indicators for evaluating management decisions in construction investment activities in terms of the composite coefficient of management effectiveness, which relates aggregated normalized decision results to the relative time and cost of decision-making, and the indicators of adaptability and reactivity of the management system; the methodology for building adaptive organizational structures taking into account the phases of the investment project life cycle, which combines the requirements of the construction organization project and the work execution project with a criterion for selecting the structure configuration and indices of adaptive equilibrium, adaptability and phase-structural harmony; the tools for diagnosing risks, conflicts of interest and uncertainties through a modified expected loss function taking into account weight, discounting and adaptive risk mitigation, a stakeholder conflict index based on four parameters and a procedure of Bayesian simulation modelling of uncertainty.

Further developed are the conceptual framework of organizational management in construction in terms of the definition of an organizational and managerial decision combining procedural, organizational and technological, scenario and digital aspects, and the supplementation of the classification of decisions with the features of the degree of algorithmization and scenario certainty; the synergetic approach to the coordination of construction investment project participants through the synergy coefficient of the model components and directions for improving the management system with responsible executors and control indicators; the methodological foundations for assessing the economic effect and scaling the model through specific values of the economic effect and a scalability coefficient.

The practical value of the results lies in the possibility of using the developed model, methodologies and the SmartLoad-DSS software product by construction companies to evaluate the quality of organizational and managerial decisions, to choose the configuration of management measures, to check its admissibility against organizational and technological constraints and to monitor the state of the project management system. The software product is implemented

as a web application that requires neither installation nor capital investment, and the calculations are based on the data of the decision register, the construction schedule and BIM, ERP and BI systems. The recommendations on choosing the configuration of management measures and monitoring signal levels can be used in reconstruction projects, as well as in the educational process for students of specialty 192 “Construction and Civil Engineering”. The results of the study have been implemented in the activities of enterprises and organizations, as confirmed by implementation certificates.

Keywords: organizational and managerial decisions, construction investment project, scenario-digital optimization, construction organization, adaptive organizational structure, information load, cognitive response, structural synchronization, risk, conflict of interest, uncertainty, BIM, synergetic approach, decision support system.