

АНОТАЦІЯ

Тисленко О.Б. - **«Концептуально-структурне моделювання та реалізація інтелектуальних систем моніторингу технічної стійкості будівель».**- *Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.*

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 126 - «Інформаційні системи та технології». Київський національний університет будівництва і архітектури. Київ, 2026.

Дисертацію присвячено розробленню та науковому обґрунтуванню концептуально-структурних засад, моделей і методів проєктування інтелектуальних інформаційних систем моніторингу технічної стійкості будівель з використанням сучасних цифрових технологій. У роботі сформовано структурно-функціональну архітектуру системи діагностування, розроблено аналітичні та прогнозні моделі оцінювання ризиків, а також реалізовано нейромережеві алгоритми у програмно-апаратному середовищі технічного контролю. Дослідження орієнтоване на підвищення надійності, безпеки та адаптивності будівельних об'єктів шляхом інтеграції методів штучного інтелекту, інтелектуального аналізу даних та інформаційних технологій в єдину платформу моніторингу.

Наукова новизна одержаних результатів. Наукова новизна дисертаційної роботи полягає у тому, що в роботі:

- розроблено CNN-LSTM-Risk модель прогнозування та класифікації технічного стану будівель, яка поєднує просторовий аналіз пошкоджень, часове прогнозування деградаційних процесів та ризик-аналітичне оцінювання в межах єдиної нейромережевої архітектури.

удосконалено:

- *концептуально-теоретичні засади побудови інтелектуальних систем моніторингу технічної стійкості будівель шляхом формування багаторівневої моделі інтеграції регуляторних, організаційних та інформаційно-технологічних компонентів у єдине цифрове середовище, включно з елементами самоналаштування та ризик-орієнтованої класифікації*

об'єктів. Суттєво поліпшено концепцію інтегрованої бази даних як ядра інформаційної інфраструктури моніторингу.

- науково-методичні засади оцінювання технічного стану будівельних конструкцій шляхом інтеграції математичних, статистичних, чисельних та гібридних підходів у межах єдиних інформаційно-аналітичних контурів. Розширено застосування скінченно-елементного аналізу та варіаційних методів для виявлення локальних дефектів і реконструкції стану за неповними даними. Запропоновано багаторівневі моделі структурної діагностики з урахуванням складної геометрії та умов експлуатації об'єктів. Підвищено достовірність оцінювання за рахунок адаптивних гібридних моделей прогнозування пошкоджень.

- методико-алгоритмічні підходи до прогнозування технічного стану будівельних конструкцій шляхом розвитку сценарного та ризик-орієнтованого моделювання. Розширено математичний апарат оцінювання залишкового ресурсу із застосуванням функцій деградації, вагових коефіцієнтів і ймовірнісних моделей. Обґрунтовано використання байєсівських процедур для адаптивного оновлення прогнозів у динамічному середовищі. Забезпечено підвищення точності прогнозування в умовах стохастичних збурень і невизначеності.

набули подальшого розвитку:

- концептуально-теоретичні положення інтелектуалізації процесів моніторингу технічної стійкості будівель як складних інформаційних систем: уточнено сутність технічного моніторингу як безперервного процесу обробки даних у цифровому середовищі.

- методи побудови неймережевих моделей для задач прогновної діагностики технічного стану будівельних конструкцій. Обґрунтовано інтеграцію CNN, RNN, LSTM, GRU та трансформерних архітектур як єдиного інструментарію аналізу просторово-часових даних. Розвинено підхід до моделювання нелінійних деградаційних процесів із використанням механізмів self-attention.

- метод контекстно-адаптивного оновлення параметрів CNN-LSTM-Risk моделі, що забезпечує коригування вагових коефіцієнтів нейромережі з урахуванням інтегрального профілю ризику та умов експлуатації об'єкта, підвищуючи точність прогнозування технічного стану будівель.

- прикладні підходи до реалізації інтелектуальних систем моніторингу технічної стійкості будівель у вигляді інтегрованих програмно-апаратних платформ. Розширено можливості нейромережових систем за рахунок поєднання сенсорних потоків, цифрових двійників і експлуатаційних даних у єдиному інформаційному середовищі.

Основний зміст дисертаційної роботи. Дисертацію присвячено розробленню та науковому обґрунтуванню засад створення інтелектуальних систем моніторингу технічної стійкості будівель на основі цифрових технологій, методів штучного інтелекту та аналізу даних. У роботі сформовано цілісну архітектуру системи та розроблено аналітичні, прогнозні й нейромережові моделі для оцінювання та прогнозування технічного стану будівельних конструкцій. Обґрунтовано методичний базис, що інтегрує математичні, статистичні та інформаційно-аналітичні підходи, а також гібридні методи структурної діагностики із застосуванням скінченно-елементного аналізу й адаптивних алгоритмів. Розроблено архітектуру нейронних мереж і алгоритми глибинного навчання для прогносної діагностики пошкоджень з урахуванням просторово-часових і динамічних параметрів стану конструкцій. Обґрунтовано інтеграцію нейромережових моделей у цифрові системи моніторингу з функціями самонавчання та адаптації, що підвищує точність виявлення дефектів і прогнозування ризиків. Запропоновано концептуально-архітектурну модель інформаційної платформи діагностичного аналізу з модулями збору, оброблення та інтерпретації даних і нейронно-аналітичним сегментом. Розроблено методику інтеграції багаторівневого системного ядра у програмно-апаратне середовище моніторингу, що забезпечує взаємодію сенсорних пристроїв, хмарної обробки та аналітичних компонентів. Практична цінність результатів полягає у

створенні моделей і інструментів для модернізації систем технічного моніторингу, що забезпечують автоматизований контроль, діагностику та прогнозування стану будівель.

Провідні наукові інновації полягають у формуванні концептуально-методичних та інформаційно-аналітичних засад побудови інтелектуальних інформаційних систем моніторингу технічної стійкості будівель на основі інтеграції сенсорних мереж, аналітичних модулів, обчислювальних середовищ і засобів прийняття рішень у єдину цифрову архітектуру. Теоретично обґрунтовано моніторинг як безперервний процес обробки, інтерпретації та візуалізації даних у розподілених інформаційних системах. Розвинено підходи до інтеграції IoT, SCADA, BIM і Digital Twin у єдину платформу багаторівневої взаємодії даних у реальному часі. Узагальнено методи обробки гетерогенних даних із застосуванням штучного інтелекту та нейромережових моделей. Обґрунтовано інформаційну систему як адаптивне середовище з властивостями самонавчання та самоналаштування. Запропоновано архітектури розподілених систем з інтелектуальною взаємодією модулів аналізу, прогнозування та управління. Уточнено роль інформаційних технологій як основи реалізації цифрових двійників і прогнозної діагностики. Вперше розроблено CNN-LSTM-Risk модель прогнозування та класифікації технічного стану будівель, яка поєднує просторовий аналіз пошкоджень, часове прогнозування деградаційних процесів та ризик-аналітичне оцінювання в межах єдиної нейромережової архітектури. У сукупності це створює цілісну платформу розвитку інтелектуальних систем моніторингу складних технічних об'єктів.

За результатами дослідження розроблено і обґрунтовано такі положення.

1. Розроблено архітектуру глибоких нейронних мереж для прогнозної діагностики пошкоджень із урахуванням просторово-часових і динамічних параметрів стану конструкцій, а також алгоритми їх навчання на даних сенсорного моніторингу, що забезпечують високу точність виявлення

дефектів. Обґрунтовано інтеграцію нейромережових моделей у цифрові середовища моніторингу з можливістю самонавчання та адаптації до змін експлуатаційних умов.

2. Розроблено програмно-апаратну модель інтелектуального супроводу будівельних об'єктів, що об'єднує аналітичні, прогнозні та візуалізаційні модулі в єдину систему підтримки рішень. Запропоновано концептуально-архітектурну модель інформаційної платформи діагностичного аналізу з інтегрованими модулями збору, обробки та інтерпретації даних моніторингу.

3. Обґрунтовано науково-прикладний підхід у інтеграції багаторівневого системного ядра у програмно-апаратне середовище моніторингу з використанням сенсорних пристроїв, хмарної обробки та візуалізації даних. Проведена експериментальна апробація підтвердила ефективність запропонованої платформи у виявленні дефектів, оцінюванні ризиків і прогнозуванні залишкового ресурсу конструкцій.

У **першому розділі** дисертаційної роботи *«Система діагностики технічного стану будівельних об'єктів: концепції, вимоги та функціональні компоненти»* здійснено формування інтегрованого концептуального підходу до технічного моніторингу об'єктів із підвищеним ризиком як базового елемента інтелектуальних інформаційних систем. Вперше системно обґрунтовано поєднання регуляторних, організаційних та інформаційно-технологічних складових у багаторівневу модель моніторингу, що враховує динаміку змін технічного стану будівель. Запропоновано трактування технічного моніторингу як безперервного процесу збору, обробки та інтерпретації даних у цифрових платформах підтримки рішень. Розвинено класифікацію об'єктів підвищеного ризику на основі інтегральних показників, що поєднують технічні, функціональні та експлуатаційні характеристики. Обґрунтовано принципи побудови адаптивних організаційних структур моніторингу з можливістю інтеграції сенсорних систем і аналітичних модулів. Удосконалено понятійно-термінологічний

апарат шляхом формалізації категорій «критичний індикатор», «граничний стан» та «інституційна координація» в контексті інформаційних систем. Запропоновано концепцію інтегрованої бази моніторингу як ядра інформаційної інфраструктури, що забезпечує накопичення даних у режимі реального часу. Визначено роль механізмів зворотного зв'язку та прогностичної аналітики у підвищенні проактивності систем моніторингу. Обґрунтовано підхід до узгодження регуляторних вимог із цифровими технологіями на основі принципу операційної відповідності. Розроблено архітектурні засади інтеграції сенсорних і аналітичних компонентів у єдину цифрову платформу. У сукупності це формує науково-методичне підґрунтя для створення інтелектуальних систем моніторингу технічної стійкості будівель.

У **другому розділі** дисертаційної роботи *«Аналітичні і прогностичні моделі у задачах виявлення ризиків та потенційних дефектів будівельних систем»* сформовано комплекс інновацій щодо інтегрованого застосування математичних, статистичних і цифрових методів оцінювання технічного стану конструкцій у межах спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології». Обґрунтовано поєднання аналітичних, чисельних, варіаційних і гібридних моделей у єдиному інформаційно-аналітичному середовищі для підвищення точності діагностики дефектів. Розроблено багаторівневі моделі структурної оцінки з урахуванням складної геометрії об'єктів, властивостей матеріалів і динаміки навантажень, а також удосконалено методи скінченно-елементного та варіаційного аналізу для роботи з неповними даними. Запропоновано багатофакторну модель оцінювання фізичного стану конструкцій на основі інтеграції експлуатаційних і моніторингових параметрів. Уточнено математичний апарат визначення залишкового ресурсу із застосуванням функцій деградації, вагових коефіцієнтів і ймовірнісних підходів, зокрема байєсівських процедур адаптивного прогнозування. Розвинено концепцію інтеграції моделей у цифрові системи моніторингу з використанням BIM-орієнтованих середовищ та інтерактивних інтерфейсів візуалізації стану. Удосконалено сценарно-орієнтований підхід до

прогнозування деградаційних процесів із урахуванням стохастичних факторів і часових затримок. У результаті науково-методологічну основу для створення інтелектуальних систем проактивного управління технічним станом будівельних конструкцій.

У **третьому розділі** дисертаційної роботи *«Інтелектуальні технології та нейромережеві структури в управлінні безпекою будівель»* сформовано комплекс наукових та прикладних інновацій щодо розвитку гібридних нейромережевих підходів для прогнозної діагностики технічного стану будівельних конструкцій. Обґрунтовано використання комбінованих архітектур CNN, RNN, LSTM, GRU та трансформерних моделей для аналізу просторово-часових даних, що забезпечує підвищення точності виявлення та прогнозування пошкоджень. Розвинено методи моделювання нелінійної динаміки деградаційних процесів із застосуванням механізмів self-attention та уніфікованих часових моделей. Удосконалено багатостратегіальне навчання нейронних мереж із поєднанням різних типів навчання та адаптивних алгоритмів оптимізації, що підвищує стійкість моделей до шумів і неповноти даних. Запропоновано інтеграцію сенсорних даних і чисельного моделювання в єдиному інформаційному середовищі для підвищення достовірності прогнозів. Обґрунтовано застосування автоенкодерів і гібридних нейромережевих архітектур як ефективних інструментів виявлення прихованих дефектів і аналізу багатовимірних сигналів. Розроблено концепцію багаторівневої інтеграції нейромереж у цифрові системи типу IoT–SCADA–Digital Twin, що забезпечує безперервний моніторинг і прогнозування стану об'єктів у реальному часі. Прикладна реалізація полягає у створенні інтегрованої програмно-апаратної системи інтелектуального супроводу, яка поєднує IoT-сенсори, SCADA, нейромережі та цифрові двійники в єдину платформу підтримки рішень. У результаті доведено ефективність нейромережевих технологій у підвищенні рівня безпеки, оперативності діагностики та проактивного управління будівельними об'єктами.

У четвертому розділі дисертаційної роботи *«Прикладна та експериментальна імплементація інформаційних платформ інтелектуальної діагностики»* сформовано комплекс науково-прикладних інновацій, спрямованих на реалізацію інтелектуальних систем моніторингу технічної стійкості будівель. Розроблено нейромережеву платформу прогнозування дефектів на основі інтеграції сенсорних потоків, історичних даних і експлуатаційних параметрів у єдине інформаційне середовище. Обґрунтовано застосування штучних нейронних мереж для моделювання нелінійних процесів деградації та багатофакторного прогнозування пошкоджень. Запропоновано алгоритми раннього попередження критичних станів і адаптивного оновлення моделей у процесі експлуатації. Розвинено підхід до формалізації нейромереж як універсального обчислювального ядра аналізу безпеки з інтеграцією різних архітектур і методів обробки даних. Удосконалено механізми інтелектуального навчання моделей із використанням градієнтної оптимізації та комбінування навчання з учителем і без учителя. Запропоновано інтеграцію цифрових двійників і самоорганізуючих карт для моделювання та кластеризації станів конструкцій. Розроблено методи розпізнавання образів технічного стану на основі поєднання статистичних, байєсівських і нейромережевих підходів. Реалізовано інтелектуальні процедури класифікації та оцінювання ризиків із урахуванням невизначеності та неповноти даних. У сукупності отримані результати формують ефективну цифрову платформу проактивного управління безпекою будівельних об'єктів.

Ключові слова: інтелектуальні системи моніторингу, технічна стійкість будівель, інформаційні системи та технології, нейромережеві моделі, глибинне навчання, штучний інтелект, сценарне прогнозування, мультифакторний аналіз ризиків, цифровий двійник, BIM-технології, IoT-сенсорні мережі, інтелектуальна підтримка прийняття рішень.

ABSTRACT

Tyslenko O.B. – “Conceptual and structural modeling and implementation of intelligent systems for monitoring the technical stability of buildings”. - *Qualification scientific work in the form of a manuscript.*

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 126 - "Information Systems and Technologies". Kyiv National University of Construction and Architecture. Kyiv, 2026.

The dissertation is devoted to the development and scientific substantiation of conceptual and structural principles, models and methods for designing intelligent information systems for monitoring the technical stability of buildings using modern digital technologies. The work forms the structural and functional architecture of the diagnostic system, develops analytical and predictive models for risk assessment, and implements neural network algorithms in the software and hardware environment of technical control. The research is focused on increasing the reliability, safety and adaptability of construction objects by integrating artificial intelligence methods, intelligent data analysis and information technologies into a single monitoring platform.

Scientific novelty of the results obtained. The scientific novelty of the dissertation work lies in the fact that the work:

for the first time:

- A CNN-LSTM-Risk model for predicting and classifying the technical condition of buildings has been developed, which combines spatial damage analysis, temporal prediction of degradation processes, and risk-analytical assessment within a single neural network architecture.

improved:

- *conceptual and theoretical principles for building intelligent systems for monitoring the technical stability of buildings* by forming a multi-level model of integrating regulatory, organizational and information technology components into a single digital environment, including elements of self-configuration and risk-

oriented classification of objects. The concept of an integrated database as the core of the monitoring information infrastructure was significantly improved.

- *scientific and methodological principles for assessing the technical condition of building structures* by integrating mathematical, statistical, numerical and hybrid approaches within single information and analytical circuits. The application of finite element analysis and variational methods for detecting local defects and reconstructing the state based on incomplete data was expanded. Multi-level models of structural diagnostics were proposed, taking into account the complex geometry and operating conditions of objects. The reliability of the assessment has been increased due to adaptive hybrid damage prediction models.

- *methodological and algorithmic approaches to predicting the technical condition of building structures through the development of scenario and risk-oriented modeling.* The mathematical apparatus for estimating the residual resource using degradation functions, weighting coefficients and probabilistic models has been expanded. The use of Bayesian procedures for adaptively updating forecasts in a dynamic environment has been substantiated. The accuracy of forecasting under conditions of stochastic disturbances and uncertainty has been increased.

have been further developed:

- *conceptual and theoretical provisions for the intellectualization of the processes of monitoring the technical stability of buildings* as complex information systems: the essence of technical monitoring as a continuous data processing process in a digital environment has been clarified.

- *methods for building neural network models for tasks of predictive diagnostics of the technical condition of building structures.* The integration of CNN, RNN, LSTM, GRU and transformer architectures as a single tool for analyzing spatio-temporal data has been substantiated. An approach to modeling nonlinear degradation processes using self-attention mechanisms has been developed.

- a method of contextually adaptive updating of the parameters of the CNN-LSTM-Risk model, which provides adjustment of the weight coefficients of the neural network taking into account the integral risk profile and operating conditions of the object, increasing the accuracy of predicting the technical condition of buildings.

- applied approaches to the implementation of intelligent systems for monitoring the technical stability of buildings in the form of integrated software and hardware platforms. The capabilities of neural network systems have been expanded by combining sensor streams, digital twins and operational data in a single information environment.

The main content of the dissertation work.

The dissertation is devoted to the development and scientific substantiation of the principles of creating intelligent systems for monitoring the technical stability of buildings based on digital technologies, artificial intelligence methods and data analysis. The work has formed a holistic architecture of the system and developed analytical, predictive and neural network models for assessing and predicting the technical condition of building structures. A methodological basis has been substantiated that integrates mathematical, statistical and information-analytical approaches, as well as hybrid methods of structural diagnostics using finite element analysis and adaptive algorithms. The architecture of neural networks and deep learning algorithms for predictive diagnostics of damage taking into account the spatiotemporal and dynamic parameters of the state of structures have been developed. The integration of neural network models into digital monitoring systems with self-learning and adaptation functions has been substantiated, which increases the accuracy of defect detection and risk prediction. A conceptual and architectural model of an information platform for diagnostic analysis with modules for data collection, processing and interpretation and a neural-analytical segment has been proposed. A methodology for integrating a multi-level system core into a software and hardware environment has been developed.

Leading scientific innovations consist in the formation of conceptual, methodological and information-analytical foundations for building intelligent information systems for monitoring the technical stability of buildings based on the integration of sensor networks, analytical modules, computing environments and decision-making tools into a single digital architecture. Monitoring is theoretically substantiated as a continuous process of processing, interpreting and visualizing data in distributed information systems. Approaches to integrating IoT, SCADA, BIM and Digital Twin into a single platform for multi-level data interaction in real time are developed. Methods for processing heterogeneous data using artificial intelligence and neural network models are generalized. The information system is substantiated as an adaptive environment with self-learning and self-adjusting properties. Distributed system architectures with intelligent interaction of analysis, forecasting and management modules are proposed. The role of information technologies as the basis for implementing digital twins and predictive diagnostics is clarified. In total, this creates a holistic platform for the development of intelligent monitoring systems for complex technical objects.

According to the results of the study, the following was developed and substantiated.

1. The architecture of deep neural networks for predictive diagnostics of damage was developed, taking into account the spatio-temporal and dynamic parameters of the state of structures, as well as algorithms for their training on sensor monitoring data, which ensure high accuracy of defect detection. The integration of neural network models into digital monitoring environments with the ability to self-learn and adapt to changes in operating conditions was substantiated.

2. A software and hardware model of intelligent support of construction objects was developed, which combines analytical, predictive and visualization modules into a single decision support system. A conceptual and architectural model of an information platform for diagnostic analysis with integrated modules for collecting, processing and interpreting monitoring data was proposed.

3. A scientifically-applied approach to integrating a multi-level system core into a software-hardware monitoring environment using sensor devices, cloud processing and data visualization is substantiated. Experimental testing confirmed the effectiveness of the proposed platform in detecting defects, assessing risks and predicting the residual life of structures.

In the first section of the dissertation “*System for diagnosing the technical condition of construction objects: concepts, requirements and functional components*”, an integrated conceptual approach to technical monitoring of objects with increased risk as a basic element of intelligent information systems is formed. For the first time, the combination of regulatory, organizational and information technology components into a multi-level monitoring model that takes into account the dynamics of changes in the technical condition of buildings is systematically substantiated. The interpretation of technical monitoring as a continuous process of collecting, processing and interpreting data in digital decision support platforms is proposed. A classification of high-risk objects has been developed based on integral indicators that combine technical, functional and operational characteristics. The principles of building adaptive organizational monitoring structures with the possibility of integrating sensor systems and analytical modules have been substantiated. The conceptual and terminological apparatus has been improved by formalizing the categories of “critical indicator”, “limit state” and “institutional coordination” in the context of information systems. The concept of an integrated monitoring base as the core of the information infrastructure that ensures the accumulation of data in real time has been proposed. The role of feedback mechanisms and predictive analytics in increasing the proactivity of monitoring systems has been determined. An approach to harmonizing regulatory requirements with digital technologies based on the principle of operational compliance has been substantiated. Architectural principles for integrating sensor and analytical components into a single digital platform have been developed. Taken together, this forms a scientific and methodological basis for creating intelligent systems for monitoring the technical stability of buildings.

In the **second section** of the dissertation work “*Analytical and predictive models in the tasks of identifying risks and potential defects of building systems*”, a set of innovations has been formed regarding the integrated application of mathematical, statistical and digital methods for assessing the technical condition of structures within the scope of specialty 126 “Information Systems and Technologies”. The combination of analytical, numerical, variational and hybrid models in a single information and analytical environment has been substantiated to increase the accuracy of defect diagnostics. Multilevel structural assessment models have been developed taking into account the complex geometry of objects, material properties and load dynamics, and finite element and variational analysis methods have been improved for working with incomplete data. A multifactor model for assessing the physical condition of structures has been proposed based on the integration of operational and monitoring parameters. The mathematical apparatus for determining the residual resource has been refined using degradation functions, weighting coefficients and probabilistic approaches, in particular Bayesian adaptive forecasting procedures. The concept of integrating models into digital monitoring systems using BIM-oriented environments and interactive state visualization interfaces has been developed. The scenario-oriented approach to predicting degradation processes has been improved, taking into account stochastic factors and time delays. As a result, a scientific and methodological basis for creating intelligent systems for proactive management of the technical condition of building structures has been formed.

In the **third section** of the dissertation work “*Intelligent technologies and neural network structures in building safety management*”, a set of scientific and applied innovations has been formed regarding the development of hybrid neural network approaches for predictive diagnostics of the technical condition of building structures. The use of combined CNN, RNN, LSTM, GRU architectures and transformer models for analyzing spatiotemporal data has been substantiated, which ensures increased accuracy of damage detection and prediction. Methods for modeling nonlinear dynamics of degradation processes using self-attention

mechanisms and unified temporal models have been developed. Multi-strategy training of neural networks has been improved by combining different types of training and adaptive optimization algorithms, which increases the resistance of models to noise and incomplete data. The integration of sensor data and numerical modeling in a single information environment has been proposed to increase the reliability of forecasts. The use of autoencoders and hybrid neural network architectures as effective tools for detecting hidden defects and analyzing multidimensional signals has been substantiated. The concept of multi-level integration of neural networks into digital systems of the IoT–SCADA–Digital Twin type has been developed, which provides continuous monitoring and forecasting of the state of objects in real time. The applied implementation consists in creating an integrated software and hardware system of intelligent support that combines IoT sensors, SCADA, neural networks and digital twins into a single decision support platform. As a result, the effectiveness of neural network technologies in increasing the level of safety, diagnostic efficiency and proactive management of construction objects has been proven.

In the fourth section of the dissertation work “Applied and experimental implementation of information platforms for intelligent diagnostics”, a complex of scientific and applied innovations aimed at the implementation of intelligent systems for monitoring the technical stability of buildings has been formed. A neural network platform for predicting defects based on the integration of sensor flows, historical data and operational parameters into a single information environment has been developed. The use of artificial neural networks for modeling nonlinear degradation processes and multifactorial damage prediction has been substantiated. Algorithms for early warning of critical states and adaptive updating of models during operation have been proposed. An approach to formalizing neural networks as a universal computational core for safety analysis with the integration of various architectures and data processing methods has been developed. Mechanisms for intelligent model learning using gradient optimization and combining supervised and unsupervised learning have been improved. The

integration of digital twins and self-organizing maps for modeling and clustering of structural states has been proposed. Methods for recognizing patterns of technical condition have been developed based on a combination of statistical, Bayesian and neural network approaches. Intelligent procedures for classifying and assessing risks have been implemented, taking into account uncertainty and incompleteness of data. Taken together, the results obtained form an effective digital platform for proactive safety management of construction sites.

Keywords: intelligent monitoring systems, technical stability of buildings, information systems and technologies, neural network models, deep learning, artificial intelligence, scenario forecasting, multifactor risk analysis, digital twin, BIM technologies, IoT sensor networks, intelligent decision support.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях, які індексуються в міжнародних наукометричних базах:

1. Терентьев О.О., Горбатьук Є.В., **Тисленко О.Б.**, Зубрій І.М. Підвищення ефективності інформаційної системи комплексної безпеки захисту будівель. Modern engineering and innovative technologies. Issue №29. Part 1. October 2023. P. 102-111. <https://doi.org/10.30890/2567-5273.2023-29-01-022>.
2. Терентьев О.О., Горбатьук Є.В., **Тисленко О.Б.**, Зубрій І.М. (2024). Методика розробки підвищення ефективності інформаційної системи безпечної експлуатації будівель. Modern engineering and innovative technologies. Issue №31. Part 1. February 2024. P. 62-71. <https://doi.org/10.30890/2567-5273.2024-31-00-014>.
3. Архітектура інформаційної системи діагностики технічного стану фундаментів будівель / Терентьев О.О., Горбатьук Є.В., **Тисленко О.Б.**, Зубрій І.М., Макаручук О.В. SWorldJournal. Issue No24 Part 1 March 2024. P. 135-143. <https://doi.org/10.30888/2663-5712.2024-24-00-073>.
4. Терентьев О.О., Горбатьук Є.В., **Тисленко О.Б.**, Зубрій І.М. Інтегровані моделі прогнозування надійності прийняття рішень системи діагностики технічного стану будівель. SWorldJournal. September 2024. Issue 27. Part 1. P. 98-106. DOI: 10.30888/2663-5712.2024-27-00-018
5. Terentyev O.O., Gorbatyuk Ie.V., **Tyslenko O.B.**, Bykov S.V. Methods of damage of the information system of building technical condition diagnostics. Modern engineering and innovative technologies. Issue №35. Part 2. October 2024. P. 35-44. <https://doi.org/10.30890/2567-5273.2024-35-00-049>.
6. Terentyev O.O., Gorbatyuk Ie.V., **Tyslenko O.B.**, Bykov S.V. Program and technical complex of implementation of the information system of diagnostics of the technical condition of buildings. SWorldJournal. Issue No30. Part 1. March 2025. P. 82-96. <https://doi.org/10.30888/2663-5712.2025-30-01-004>.
7. Terentyev O.O., Gorbatyuk Ie.V., **Tyslenko O.B.**, Bykov S.V. Creation of information methods in the diagnosis of industrial buildings. Modern

engineering and innovative technologies. Issue №38. Part 1. April 2025. P. 146-151. <https://doi.org/10.30890/2567-5273.2025-38-01-030>.

8. **Tyslenko O.**, Bykov S., & Katin O. (2025). System of organization and functioning of mechanisms for ensuring the operational safety of buildings. *Ways to Improve Construction Efficiency*, 2(56), P. 91–104. [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56\(2\).91-104](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56(2).91-104)

9. **Тисленко О. Б.**, & Биков С. В. (2025). Аналітичні та діагностичні блоки контролю в цифровому середовищі оцінки структурної надійності. *Управління розвитком складних систем*, (64), P. 259–266. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2025.64.259-266>

Матеріали апробації дослідження на науково-практичних конференціях:

10. Modeling of reliability of foundation structures / Gorbatyuk Ie., Terentyev O., **Tyslenko O.**, Zubrij I. Importance of Soft Skills for Life and Scientific Success: Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Internet Conference, FOP Marenichenko V.V., Dnipro, Ukraine, March 7-8, 2024, P. 7-8.

11. Горбатюк Є.В., **Тисленко О.Б.**, Зубрій І.М. Методологічні і критеріальні основи дослідження функціонування інженерних комплексів при створенні цільових об'єктів будіндустрії. International scientific conference "Organization of scientific research in modern conditions '2024" No 23 on March 21, 2024. Seattle, Washington, USA., P. 46-51. <https://doi.org/10.30888/2709-2267.2024-23-00-017>.

12. Терентьев О.О., Горбатюк Є.В., **Тисленко О.Б.**, Зубрій І.М. Building an information model of determining the location of mobile objects. Promising scientific researches of Eurasian scholars '2024. Proceedings of International scientific conference (September 21, 2024). Seattle, Washington, USA. № 26. P. 41–44. <https://doi.org/10.30888/2709-2267.2024-26-00-008>

13. Terentyev O.O., Gorbatyuk Ie.V., **Tyslenko O.B.**, Bykov S. V.. Methods of diagnosing deformations of building structures. International scientific conference "Technique and technology of the future '2024" No 35 on October 20, 2024. Karlsruhe, Germany. P. 36-40. <https://doi.org/10.30890/2709->

14. Терентьев О.О., Горбатьюк Є.В., **Тисленко О.Б.**, Биков В.С. Інтегрована модель оцінки надійності рішень для діагностики будівель. Proceedings of the 6th International scientific and practical conference “Scientific achievements of contemporary society”. Cognum Publishing House. London, United Kingdom. 2025. P. 280-286. URL: <https://sci-conf.com.ua/vi-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-scientific-achievements-of-contemporary-society-10-12-01-2025-london-velikobritaniya-arhiv/>.

15. Терентьев О.О., Горбатьюк Є.В., **Тисленко О.Б.**, Биков В.С. Інформаційна технологія управління життєвим циклом будівельних конструкцій і споруд. Modernization of today’s science: experience and trends: collection of scientific papers «SCIENTIA» with Proceedings of the VII International Scientific and Theoretical Conference, January 24, 2025. Singapore, Republic of Singapore: International Center of Scientific Research. P. 192-195. <https://doi.org/10.36074/scientia-24.01.2025>.

16. Терентьев О.О., Горбатьюк Є.В., **Тисленко О.Б.**, Биков В.С. Моделювання загроз безпеки та вразливості у віртуальній мережевій системі. Proceedings of the 5th International scientific and practical conference “Science in the modern world: innovations and challenges”. Perfect Publishing. Toronto, Canada. 2025. P. 169-173. URL: <https://sci-conf.com.ua/v-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-science-in-the-modern-world-innovations-and-challenges-23-25-01-2025-toronto-kanada-arhiv/>.

17. Terentyev O.O., Gorbatyuk Ie.V., **Tyslenko O.B.**, Bykov V.S. Creating a model of mobile location. International scientific conference “Organization of scientific research in modern conditions &2024” No 30 on March 21, 2025. Seattle, Washington, USA. P. 25-28. <https://doi.org/10.30888/2709-2267.2025-30-00-003>.