

УДК 69:002;059

**Міхайленко Віктор Мефодійович**

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інформаційних технологій проектування та прикладної математики

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

**Терентьев Олександр Олександрович**

Кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційних технологій, [orcid.org/0000-0001-6995-1419](https://orcid.org/0000-0001-6995-1419)

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

**Шабала Євгенія Євгенівна**

Кандидат технічних наук, старший викладач кафедри інформаційних технологій,

[orcid.org/0000-0002-0428-9273](https://orcid.org/0000-0002-0428-9273)

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

**Турушев Олександр Сергійович**

Аспірант кафедри інформаційних технологій проектування та прикладної математики, [orcid.org/0000-0002-2928-8459](https://orcid.org/0000-0002-2928-8459)

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ТЕСТУВАННЯ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ЗАДАЧІ ДІАГНОСТИКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬ

*Анотація.* Проаналізовано результати експерименту з моделювання автоматизованої системи діагностики технічного стану будівель та отримано результати, які дають можливість забезпечити ефективно навчання нейронної мережі, як потужного інструменту, для точної і надійної діагностики певних етапів експлуатації будівель в межах їх життєвого циклу. Метою розробки є створення автоматизованої системи проектування дитячих ігрових майданчиків. А саме, створення інформаційної системи з підбору якісних, надійних та різноманітних матеріалів та елементів конструкцій дитячих майданчиків. Проведене дослідження доводить потенційну ефективність використання нейронних мереж для інформаційної системи діагностики технічного стану будівель.

*Ключові слова:* нейронна мережа; нейромережевий апроксиматор; дитячі майданчики; конфігуратор; експерт; технічний план приміщення; навчання мережі

### Актуальність та аналіз проблеми

Для автоматизації процесів оцінювальної діяльності від збирання інформації до прийняття рішення необхідна складна система збереження, підготовки, обробки даних. Архітектура інформаційної системи тестування нейронної мережі наведена на рис. 1.

### Мета статті

Головною метою розробки є створення автоматизованої системи проектування дитячих ігрових майданчиків. А саме, створення інформаційної системи з підбору якісних, надійних та різноманітних матеріалів і елементів конструкцій дитячих майданчиків.

### Виклад основного матеріалу

Дитячий ігровий майданчик є досить складною конструкцією. Система передбачає наявність підсистеми збирання статистичної інформації, обробки і розподілення даних для штучної нейронної мережі, ядро нейромережевого апроксиматора та додатки експертів-оцінювачів для управління. СУБД інформаційної системи має клієнт-серверну архітектуру для забезпечення роботи декількох експертів одночасно, показано на рис. 2.

Підсистема підготовки щодо тестування має свій конфігуратор, де користувач може визначити кількість даних, які необхідно виділити для тестування нейронної мережі і для навчання. Робота підсистеми починається з вибору даних з бази даних за допомогою запиту, що конфігурується.

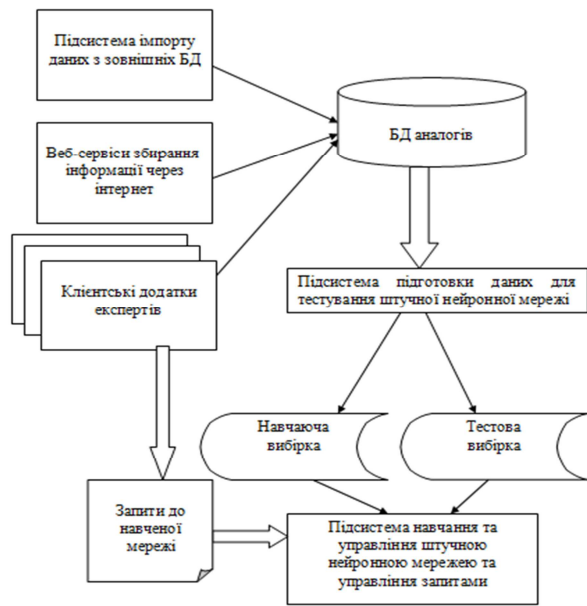


Рисунок 1 – Архітектура інформаційної системи тестування нейронної мережі

Вся схема роботи підсистеми підготовки інформації щодо тестування нейронної мережі зображена на рис. 2. Після отримання результатів запити дані надходять до модуля, що визначає типи атрибутів та їх варіанти даних. Потім дані, що мають числовий тип відокремлюються від даних, що мають текстовий тип. Оскільки мережа не може сприймати дані як текстовий тип, пропонується деталізувати таблицю нечислових даних, тобто кожен варіант представити як атрибут, що має значення тільки «0» або «1». Дані що є чисельно вираженими теж потребують обробки.

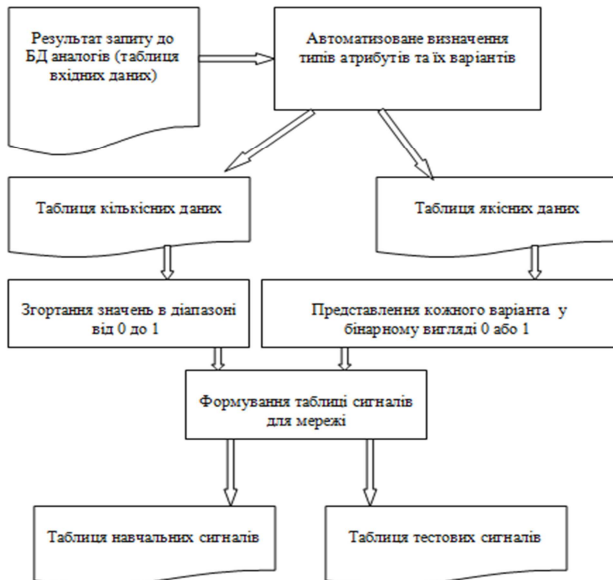


Рисунок 2 – Підсистема підготовки інформації щодо тестування нейронної мережі

Задача апроксимації функцій штучною нейронною мережею, складність яких наперед невідома, потребує прикладного програмного

забезпечення з широкими можливостями конфігурації. Для цього була розроблена об'єктно-орієнтована модель мережі, що дозволяє легко управляти її параметрами (кількістю прошарків, нейронів у прошарках). Модель дозволяє слідкувати за кожним нейроном окремо і в разі необхідності змінювати його конфігурацію (тип функції активації, швидкість навчання, вхідні сигнали та зв'язки з іншими нейронами).

Модель мережі зображено на рис. 3.

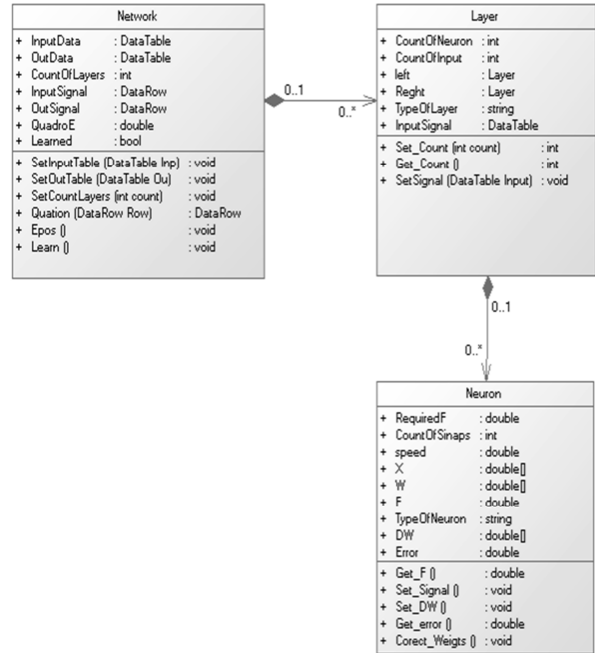


Рисунок 3 – Діаграма класів реалізації нейронної мережі

Інструментами управління і налаштуванням мережі є діалогові вікна для управління прошарками над нейронами в прошарках, а також відкритими для редагування властивостями. Програмне забезпечення передбачає модульну структуру для підтримки можливості інтеграції окремих частин з іншими додатками. Також модульна структура полегшує подальше вдосконалення окремих частин без залежностей від інших. Схема модулів програмного забезпечення зображена на рис. 4.

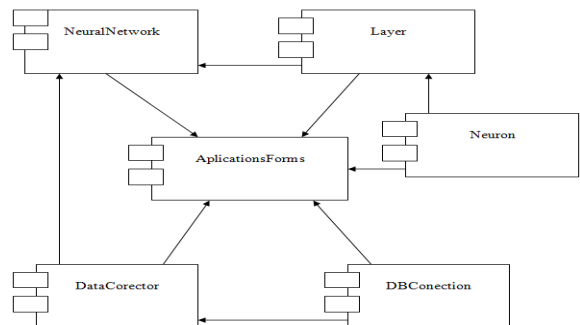


Рисунок 4 – Модулі програмного забезпечення нейронної мережі

NeuralNetwork – модуль реалізації штучної мережі. Містить в собі опис метаданих класу Network.

Layer – модуль реалізації колекції прошарків нейронів. Містить в собі опис метаданих класу Layer.

Neuron – модуль реалізації колекції штучних нейронів. Містить в собі опис метаданих класу Neuron.

ApplicationsForms – модуль інтерфейсної частини програмного забезпечення.

DataCorestor – модуль реалізації підсистеми підготовки даних для навчання та тестування мережі.

DBConnection – модуль підбору навчальної множини з'єднаний за базою даних. Має підтримку формування запитів до бази даних.

Даталогічна модель бази даних інформаційної системи наведена на рис. 5.

На рис. 6 показано план проведення експериментального дослідження щодо тестування нейронної мережі.

Для тестування мережі використовувались свіжі статистичні дані, що зібрані з доступних інтернет-ресурсів. Для навчання штучної нейронної мережі вибірка становила 220 прикладів, з яких 20 було використано для тестування мережі, а 200 – для навчання. Вибірка для тестування мережі не входила в набір даних, що корегують синапатичні коефіцієнти. тому саме вона і була основним показником ефективності. Вибірка для навчання формувалася за допомогою критеріїв, які описані в таблиці.

Оскільки на вхід сигмоїдального нейрона подаються сигнали тільки в межах від 0 до 1, то система перетворює занесені дані.

Після нормування даних проводиться корегування нейронної мережі, а саме кількість нейронів у прихованому шарі беруть 20. Далі встановлюються коефіцієнти вагів для внутрішнього – 0,1 і 0,5 – зовнішнього шарів нейронної мережі, а також кількість епох (ітерацій) 100.

Після внесення коефіцієнтів починається навчання нейронної мережі. І чим більше кількість епох, тим довше навчається система.

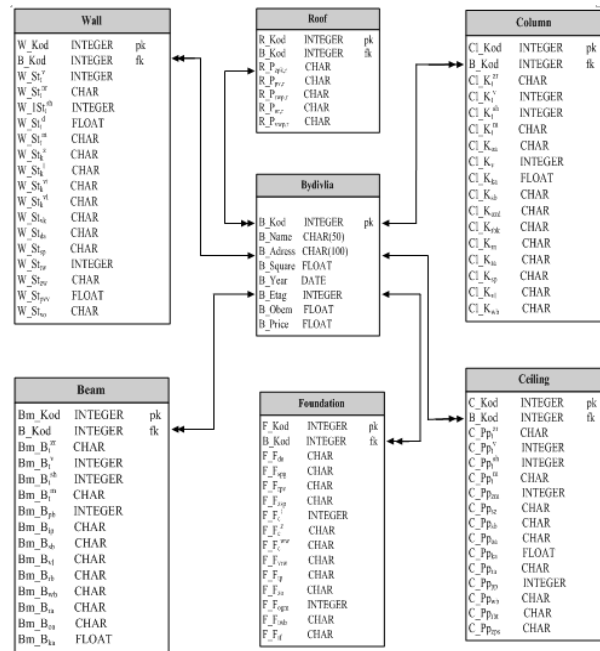


Рисунок 5 – Даталогічна модель бази даних інформаційної системи

Таблиця – Критерії вибірки для навчання системи

Назва елемента будівлі	Назва пошкоджень	Стани			
		нормальний	задовільний	непридатний	аварійний
Стіна	St <sub>t</sub> <sup>sh</sup> – ширина розкриття тріщин	0...0,125	0,125...0,25	0,25...1	1...3
	St <sub>t</sub> <sup>d</sup> – довжина тріщин	0...0,2	0,2...0,3	0,3...1	1...5
	St <sub>t</sub> <sup>v</sup> – вид тріщин	0...7,5	7,5...15	15...75	75...90
	St <sub>pvv</sub> – перевищення допустимого відхилення від вертикалі	0...1,5	1,5...3	3...10	10...100
Фундамент	F <sub>tp</sub> – тріщини в плитній частині	0...0,5	0,5...1	1...5	5...100
	F <sub>c</sub> <sup>t</sup> – тріщини цокольної частини	0...0,25	0,25...0,5	0,5...5	5...30
Плити перекриття	Pp <sub>t</sub> <sup>v</sup> – вид тріщин	0...7,5	7,5...15	15...75	75...90
	Pp <sub>t</sub> <sup>sh</sup> – ширина розкриття тріщин	0...0,15	0,15...0,3	0,3...1	1...3
	Pp <sub>pp</sub> – прогин плит	0...2,5	2,5...0,5	5...30	30...80
Залізобетонні колони	K <sub>t</sub> <sup>v</sup> – вид тріщин	0...7,5	7,5...15	15...75	75...90
	K <sub>t</sub> <sup>sh</sup> – ширина розкриття тріщин	0...0,15	0,15...0,3	0,3...1	1...3
	K <sub>v</sub> – викривлення колони	0...2,5	2,5...0,5	5...10	10...50
Залізобетонні балки	B <sub>t</sub> <sup>v</sup> – вид тріщин	0...7,5	7,5...15	15...75	75...90
	B <sub>t</sub> <sup>sh</sup> – ширина розкриття тріщин	0...0,15	0,15...0,3	0,3...1	1...3
	B <sub>pb</sub> – прогин балки	0...2,5	2,5...0,5	5...10	10...40

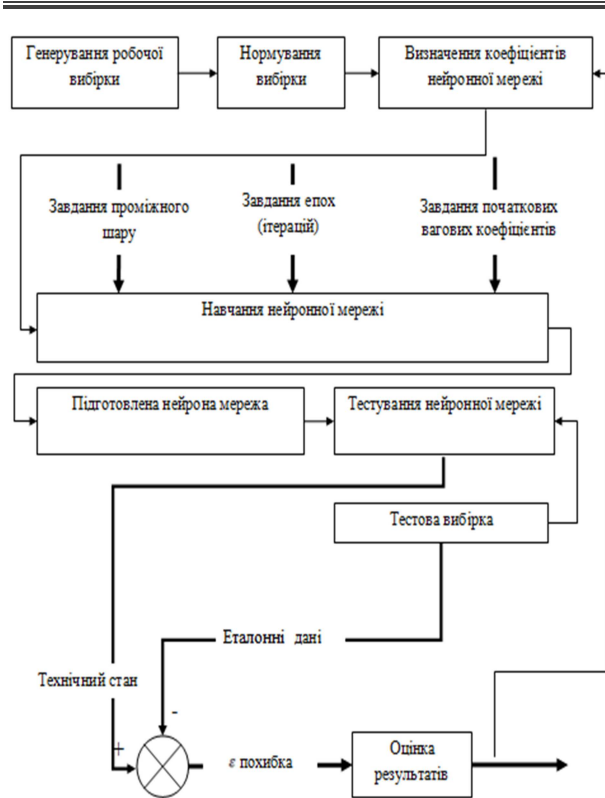


Рисунок 6 – План експериментального дослідження тестування нейронної мережі

Після навчання визначається загальна похибка ідентифікації. Перевіряється нейронна мережа контрольною вибіркою і отримується результат.

На рис. 7 наведено результат тестування нейронної мережі.

Тривалість навчання штучної нейронної мережі 10 хв 68000 епох. Графік залежності загальної середньої квадратичної похибки від номера епохи навчання показано на рис. 8.

Проведене дослідження доводить потенційну ефективність використання нейронних мереж також для аналізу ринку нерухомості під час проведення оцінювальної діяльності.

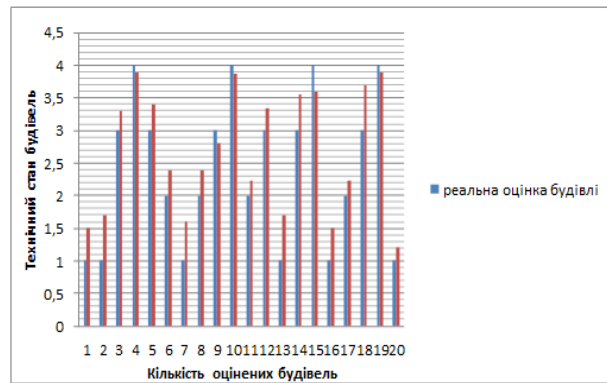


Рисунок 7 – Гістограма тесту на реальних даних

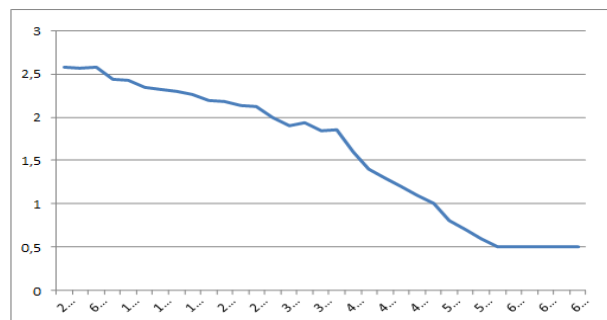


Рисунок 8 – Зменшення значення похибки при навчанні

Подальше збільшення прикладів для навчання мережі та кількості критеріїв зменшить загальну похибку мережі.

Спочатку будується і навчається нейронна мережа. Після навчання нейронної мережі вносять дані про будівлі і натискають кнопку “Дати відповідь” і система видає результат.

## Висновок

Проведене дослідження доводить потенційну ефективність використання нейронних мереж для інформаційної системи діагностики технічного стану будівель.

## Список літератури

1. Нормативні документи з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель і споруд [Текст]. – Київ, 2003. – 144 с.
2. ГОСТ 10180-78 Бетон. Методы определения прочности на сжатие и растяжение. Госстрой СССР, Издательство стандартов [Текст]. – Москва, 1979. – 24 с.
3. ГОСТ 18105-86 (СТСЭВ 2046-79) Бетоны. Правила контроля прочности. Госстрой СССР, Издательство стандартов [Текст]. – Москва, 1987. – 18 с.
4. ГОСТ 8829-84 (ДСТУ Б.В.2.6-7-95) Изделия строительные бетонные и железобетонные сборные. Методы испытания нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости. Госстрой СССР, Издательство стандартов [Текст]. – Москва, 1982. – 20 с.
5. Каталог приборов неразрушающего контроля качества железобетона. НИИСК Госстроя СССР, [Текст]. – Киев, 1986. – 24 с.
6. Михайленко В.М. Інформаційна технологія оцінки технічного стану елементів будівельних конструкцій із застосуванням нечітких моделей [Текст] / О.О. Терент'єв, Б.М. Єременко. – Д.: Строительство, материаловедение, машиностроение, сб. науч. трудов Под общей редакцией профессора В.И. Большакова выпуск. – Днепропетровськ, 2013. – №70. – С. 133 – 141.

7. Михайленко В.М. Обробка експериментальних результатів роботи експертної системи для задачі діагностики технічного стану будівель [Текст] // О.О. Терентьев, Б.М. Єременко. – Д.: Строительство, материаловедение, машиностроение, сб. науч. трудов Под общей редакцией профессора В.И. Большакова выпуск. – Дніпропетровськ, 2014. – №78. – С. 190 – 195.

8. Терентьев О.О. Інформаційна технологія системи діагностики технічного стану будівель на основі дослідження мікросейсмічних коливань [Текст] / О.О. Терентьев., Є.Є Шабала., Б.С. Малина // Управління розвитком складних систем. – 2015. – № 23 (1). – С. 133-139.

9. Терентьев О.О. Моделі визначення фізичного зношення конструктивних елементів будівлі для задач діагностики технічного стану [Текст] / О.О. Терентьев, О.І. Баліна, Є.Є. Шабала // Управління розвитком складних систем. – 2016. – № 26. – С. 153 – 157.

10. Терентьев О.О. Розробка інформаційної технології проектування та контролю місцеположення мобільних об'єктів [Текст] / О.О. Терентьев, О.І. Баліна, Є.Є. Шабала, О.С. Турушев // Управління розвитком складних систем. – 2016. – № 25. – С. 133 – 138.

Стаття надійшла до редколегії 14.07.2016

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. С.В. Цюцюра, Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ.

---

#### **Михайленко Виктор Мефодиевич**

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой информационных технологий проектирования и прикладной математики

*Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев*

#### **Терентьев Александр Александрович**

Кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий, [orcid.org/0000-0001-6995-1419](https://orcid.org/0000-0001-6995-1419)

*Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев*

#### **Шабала Евгения Евгеньевна**

Кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры информационных технологий,

[orcid.org/0000-0002-0428-9273](https://orcid.org/0000-0002-0428-9273)

*Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев*

#### **Турушев Александр Сергеевич**

Аспирант кафедры информационных технологий проектирования и прикладной математики, [orcid.org/0000-0001-6995-1419](https://orcid.org/0000-0001-6995-1419)

*Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев*

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И РЕАЛИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ТЕСТИРОВАНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ЗАДАЧИ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЙ**

**Аннотация.** Проанализированы результаты эксперимента по моделированию автоматизированной системы диагностики технического состояния зданий и получены результаты, позволяющие обеспечить эффективное обучение нейронной сети, как мощного инструмента для точной и надежной диагностики определенных этапов эксплуатации зданий в пределах их жизненного цикла. Целью разработки является создание автоматизированной системы проектирования детских игровых площадок. А именно, создание информационной системы по подбору качественных, надежных и разнообразных материалов и элементов конструкций детских площадок. Система предполагает наличие подсистемы сбора статистической информации, обработки и распределения данных для искусственной нейронной сети, ядро нейросетевого аппроксиматора и приложения экспертов-оценщиков для управления. СУБД информации системы имеет клиент-серверную архитектуру для обеспечения работы нескольких экспертов одновременно. Проведенное исследование доказывает потенциальную эффективность использования нейронных сетей для информационной системы диагностики технического состояния зданий.

**Ключевые слова:** нейронная сеть; нейросетевой аппроксиматор; детские площадки; конфигуратор; эксперт; технический план помещения; обучение сети

#### **Mihaylenko Victor**

PhD, Professor, Head of Information Technology Design and Applied Mathematics

*Kyiv National University of Construction and Architecture, Kiev*

#### **Terentyev Olexandr**

PhD, Professor, Department of Information Technology, [orcid.org/0000-0001-6995-1419](https://orcid.org/0000-0001-6995-1419)

*Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv*

#### **Shabala Yevheniia**

PhD (Eng.), Ph.D., associate professor, Senior Lecturer, Department of Information Technology, [orcid.org/0000-0002-0428-9273](https://orcid.org/0000-0002-0428-9273)

*Kyiv National University of Construction and Architecture, Kiev*

#### **Turushev Olexandr**

Student, Department of information technology and applied mathematics, [orcid.org/0000-0001-6995-1419](https://orcid.org/0000-0001-6995-1419)

*Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv*

**EXPERIMENTAL RESEARCH AND IMPLEMENTATION INFORMATION SYSTEM TESTING NEURAL NETWORK TASKS FOR DIAGNOSTIC OF TECHNICAL CONDITION BUILDINGS**

**Abstract.** In the article there are shown the results of experimental modeling automated system diagnostics technical condition of buildings and the results, which enable to ensure effective learning neural network as a powerful tool for accurate and reliable diagnostics of certain stages of buildings within their life cycle. The aim is to develop the automated systems of designing children's playgrounds. Namely, an information system for the selection of high-quality, reliable and various materials and structural elements playgrounds. The system provides for the collection subsystem-term statistical information processing and distributing data to an artificial neural network, kernel neural approximator and applications for expert evaluators control. Database information systems have client-server architecture to support the work of several experts both on. Provided research demonstrates the potential effectiveness of using neural networks for information diagnostic system technical condition of buildings.

**Keywords:** neural network; approximator neural network; playgrounds; configurator; expert; Technical floor plan; learning network

**References**

1. Regulations on surveys, certification, safe and reliable operation of industrial buildings and structures (2003). Kyiv, 144.
2. GOST 10180-78 Concrete. Methods for determination of the compressive strength and tensile. USSR State Building, Publisher standards [Text]. Moscow, Russia, 24.
3. GOST 18105-86 (2046-79 STSEV) Concretes. Rules controlling strength. USSR State Building, Publisher Stan something [Text]. Moscow, Russia, 18.
4. GOST 8829-84 (State Standard B.V.2.6-7-95) products for construction, concrete and reinforced concrete prefabricated. Methods searched of-load. Rules evaluate the strength, hardness and fracture toughness. USSR State Building, Publisher Standards [Text]. Moscow, Russia, 20.
5. Catalog of instruments for non-destructive quality control of concrete. NIISK Gosstroy USSR [Text]. Kyiv, 24.
6. Mikhaïlenko, V.M. (2013). Information technology assessment of technical condition of building constructions elements-tions with the use of fuzzy models [Text] / V.M. Mikhaïlenko, O.O. Terentyev, B. Eremenko // Construction, materials science, mechanical engineering, Sat. scientific. works under the general editorship of Professor V.I. Bolshakova release. - Dnepropetrovsk, 70, 133-141.
7. Mikhaïlenko, V.M. (2014). The experimental results of the expert system for the diagnosis of the problem of technical condition of buildings [Text] / V.M. Mikhaïlenko, A.A. Terentyev, B. Eremenko // Construction, materials science, mechanical engineering, Sat. scientific. works under the general editorship of Professor VI Bolshakova release. Dnepropetrovsk, Ukraine, 78, 190-195.
8. Terentyev, A.A. (2015). Information technology diagnostic system technical condition of buildings based on studies of macroseismic fluctuations / A.A. Terentyev, E.E. Shabala, B.S. Malina // Kyiv, Ukraine: Management of development of complex systems, 23, 133-139.
9. Terentye, A.A. (2016). Models wear determining physical structural elements of the building for problems diagnostics of technical state [Text] / A.A. Terentyev, O.I. Balina, E.E. Shabala// Kyiv, Ukraine: Management of development of complex systems, 26, 153-157.
10. Terentyev, A.A. (2016). Development of information technology for the design and monitoring of mobile location objects [Text] / A.A. Terentyev, O.I. Balina, E.E. Shabala, A.S. Turushev // Kyiv, Ukraine: Management of development of complex systems, 25, 133-138.

**Посилання на публікацію**

- APA Mikhaïlenko, Victor, Terentyev, Alexandr, Shabala, Yevgeniya & Turushev, Alexandr. (2016). Experimental research and implementation information system testing neural network tasks for diagnostic of technical condition buildings. Management of Development of Complex Systems, 27, 139 – 144 [in Ukrainian].
- ГОСТ Михайленко, В. М. Експериментальні дослідження та реалізація інформаційної системи тестування нейронної мережі для задачі діагностики технічного стану будівель [Текст] / В.М. Михайленко, О.О. Терент'єв, Є.Є. Шабала, О.С. Турушев // Управління розвитком складних систем. – 2016. – № 27. – С. 139 – 144.