

## АНАЛІЗ ДАНИХ НА ОСНОВІ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ МІКРОСЕРВІСНОЇ АРХІТЕКТУРИ

### Олексій Шушура

доктор технічних наук, доцент, професор кафедри цифрових технологій в енергетиці

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,  
просп. Берестейський, 37, Київ, Україна, 03056, shushura\_oleksii@iitl.kpi.ua

ORCID: 0000-0003-3200-720X

### Лариса Левченко

доктор технічних наук, професор, професор кафедри цифрових технологій в енергетиці

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,  
просп. Берестейський, 37, Київ, Україна, 03056, larlevch@ukr.net

ORCID: 0000-0002-7227-9472

### Анна Савчук

магістр кафедри цифрових технологій в енергетиці

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,  
просп. Берестейський, 37, Київ, Україна, 030566, savchukanna16@gmail.com

ORCID: 0009-0001-5812-989X

Інформаційні технології з використанням штучних нейронних мереж широко застосовуються для вирішення різноманітних завдань аналізу даних. Однак необхідність підвищення ефективності обробки великих обсягів даних під час навчання нейронних мереж робить актуальним розроблення нових підходів до аналізу даних. Одним із перспективних напрямів для вирішення цього завдання є використання мікросервісної архітектури. Метою даної роботи є проектування інформаційної системи для інтелектуального аналізу даних на основі штучних нейронних мереж із використанням мікросервісної архітектури.

Сформовано функціональні вимоги до системи аналізу даних, які представлені у вигляді діаграми прецедентів UML, визначено основні ролі користувачів. На основі сформованих вимог до системи розроблено її структуру та визначено підходи до реалізації компонентів. Структура системи містить окремі сервіси для завантаження даних, їх обробки та аналізу, формування прогнозів та візуалізації інформації. Для прогнозування в системі використано багатосаровий перцептрон. Вхідні дані та результати їх обробки зберігаються в базі даних, для управління якою вибрана система PostgreSQL.

Переваги використання мікросервісної архітектури стають особливо важливими під час обробки значних обсягів даних та вирішення складних аналітичних завдань. Окрім загального позитивного впливу можливостей розподіленої функціональності системи, кожен мікросервіс може бути окремо розгорнутий, що дає змогу виконувати ефективний розподіл навантаження та масштабування системи відповідно до вимог. Представлена система є гнучкою завдяки багатьом опціям налаштувань багатосарового перцептрону, що дає можливість її використовувати для інтелектуального аналізу даних у різних предметних галузях.

**Ключові слова:** інформаційна система, аналіз даних, машинне навчання, нейронна мережа, інформаційна технологія, мікросервісна архітектура.

**Актуальність роботи.** Під штучними нейронними мережами зазвичай розуміють обчислювальні структури, які моделюють прості біологічні процеси, що асоціюються з процесами людського мозку, ці мережі є здатними до навчання системами. Інформаційні технології з використанням штучних нейронних мереж зараз широко застосовуються для аналізу даних у різних предметних сферах під час вирішення задач кластеризації та класифікації, апроксимації функцій, прогнозування дискретних послідовностей та ін. Напри-

клад, розроблена модель на основі штучних нейронних мереж, теорії ігор та апарату нечітких множин для прогнозування успіху інвестиційної процедури в криптовалюті [1], нейронна мережа використана для моделювання залежності електроспоживання об'єкта водопостачання від факторів його робочих умов, що дає можливість здійснити поліпшення у сфері енергоефективності [2]. Для прогнозування короткострокового навантаження в будівлях із достатньо високою точністю розроблена особлива штучна нейронна

мережа, навчена за допомогою гібридного алгоритму, яка використовує лише часткові дані зі свого вхідного набору [3].

Порівняльний аналіз застосування різних типів штучних нейронних мереж було проведено під час вирішення задачі класифікації великої колекції оглядів вин. Найефективнішою моделлю штучної нейронної мережі в результаті цієї роботи визначено модель BERT порівняно з моделями CNN і BiLSTM [4].

Високу популярність завдяки розвитку алгоритмів та обчислювальної потужності для обробки великих обсягів даних отримали технології глибокого навчання. Deep learning (глибоке навчання) є підрозділом машинного навчання, який стосується побудови та навчання штучних нейронних мереж, здатних формувати уявлення даних на різних рівнях абстракції. Застосування глибокого навчання призвело до поліпшення результатів моделювання та аналізу даних у різних галузях. Застосування глибокої динамічної нейронної мережі (DDNN) показало високу ефективність для вирішення задачі класифікації шаблонів сигналу електрокардіограм [5]. Застосовано кооперативний підхід до глибокого навчання з використанням нейронної мережі автоенкодера на основі довгої короткочасної пам'яті (LSTM), який призначений для відсіювання нерелевантної та зайвої інформації з метою забезпечення відтворення реконструйованих даних, які якомога точніше відповідають вхідним даним [6]. Розроблено метод класифікації та розпізнавання рельєфу на основі багаторівневого сприйняття глибокої нейронної мережі для ідентифікації рельєфу в процесі дослідження планет, має певні переваги порівняно з традиційними результатами класифікації на основі нейронної мережі багатопарового перцептрона [7].

Багатопаровий перцептрон (MLP) є різновидом нейронної мережі з кількома шарами, включаючи вхідний шар, один або кілька прихованих шарів і вихідний шар, яка відноситься до моделей глибокого навчання. MLP є однією з найбільш широко використовуваних моделей у глибокому навчанні. Для навчання багатопарового перцептрона можуть бути використані алгоритми зворотного розповсюдження помилки, рою сальпів [8]. Після навчання MLP стає здатним вирішувати різноманітні завдання, такі як класифікація, регресія та ін. Наприклад, багатопаровий перцептрон ефективно використано для визначення стадії хвороби Альцгеймера [9]. Інтегрована модель на основі багатопарового перцептрона

у поєднанні з агентною моделлю застосовано для класифікації зображень землекористування [10].

Багатопаровий перцептрон дає змогу поліпшити точність та швидкість навчання нейронних мереж порівняно з традиційними архітектурами. Використання більш глибокої мережі дає змогу отримати більш складні та абстрактні репрезентації даних, що може позитивно впливати на здатність моделі до узагальнення та прогнозування. Однак необхідність підвищення ефективності обробки великих обсягів даних під час навчання нейронних мереж робить актуальним розроблення нових підходів до аналізу даних. Одним із перспективних напрямів для вирішення цього завдання є використання мікросервісної архітектури, яка дає змогу зменшити залежність між окремими компонентами системи, що поліпшує здатність системи до масштабування та поліпшує її продуктивність.

**Метою роботи** є проектування інформаційної системи для інтелектуального аналізу даних на основі нейронних мереж із використанням мікросервісної архітектури.

Для досягнення поставленої мети необхідно сформулювати вимоги до інформаційної системи аналізу даних на основі штучних нейронних мереж, розробити її структуру з використанням мікросервісної архітектури, вибрати підходи до реалізації компонентів системи.

**Матеріал і результати досліджень.** Функціональні вимоги до інформаційної системи аналізу даних на основі штучних нейронних мереж із використанням мікросервісної архітектури формалізовано у вигляді діаграми прецедентів, представленої на рис. 1.

Як видно на рис. 1, у системі є два основні користувачі (actors), які називаються «адміністратор» та «інженер». Адміністратор має можливість керування користувачами та реєструвати в системі нових інженерів, виконувати аналіз вхідних даних, завантажувати нові файли для аналізу, на основі проаналізованих даних проводити прогнозування на основі штучних нейронних мереж, будувати графіки та діаграми для візуалізації результатів. Інженер має право доступу до свого профілю, файлів для аналізу та прогнозування даних та побудову графіків. На відміну від адміністратора він не має можливості реєструвати нових користувачів системи та керувати існуючими.

З урахуванням зазначених функціональних вимог розроблено структуру інформаційної системи аналізу даних, яка наведена на рис. 2. Сис-

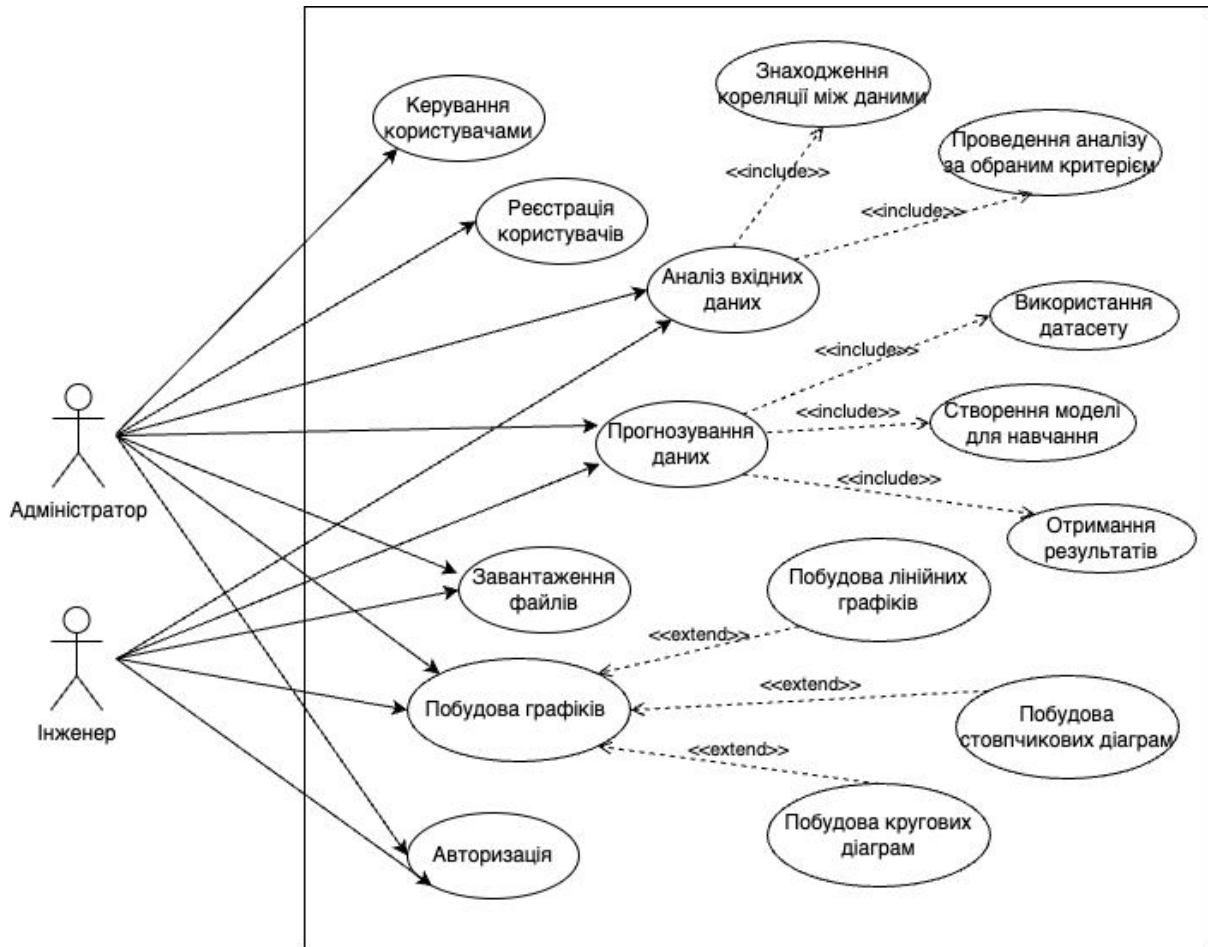


Рис. 1. Діаграма прецедентів інформаційної системи аналізу даних

тема містить набір сервісів та базу даних. Взаємодія користувача із системою відбувається через API та графічний інтерфейс. Сервіс Data uploading реалізує завантаження файлів до системи для подальшої роботи з ними.

У сервісі Data processing здійснюється обробка вхідних даних за визначеним критерієм та потім повертається результат аналізу. Сервіс Data prediction відповідає за виконання прогнозу, використовуючи штучні нейронні мережі для обробки даних. Окрім видачі результатів обробки у JSON форматі, система має виводити графіки результатів для демонстрації користувачам, що буде реалізовано у сервісі Data visualization. Користувач зможе проаналізувати результати виконання обробки даних, спираючись на графіки різних видів.

У сервісі Security-manager виділено роботу з користувачами системи та управління їхніми правами доступу до функцій системи. Інформація про користувачів, вхідні дані та результати роботи будуть зберігатися в базі даних.

Як тип моделі бази даних системи вибрано реляційну модель. Реляційні бази даних відзначаються високою надійністю, спрощеною організацією даних у вигляді таблиць та виразною мовою запитів SQL. Для реалізації фізичної моделі бази даних було вибрано систему управління базами даних PostgreSQL через її можливості роботи з BLOB-даними, підтримку JSON-полів та безкоштовність. Це дає змогу зберігати в системі різноманітні файли та взаємодіяти з ними відповідно до потреб аналізу даних.

Для реалізації прогнозування в системі використано штучні нейронні мережі, а саме багатошаровий перцептрон, що є окремим випадком перцептрона Розенблатта, у якому алгоритм зворотного поширення помилки навчає всі шари. Особливістю багатошарового перцептрона є наявність більше ніж одного шару, що навчається. Мережа складається з будь-якої кількості шарів нейронів, де кожен нейрон у кожному шарі з'єднаний із кожним нейроном у попередньому і наступному шарах. Перший шар, розташований

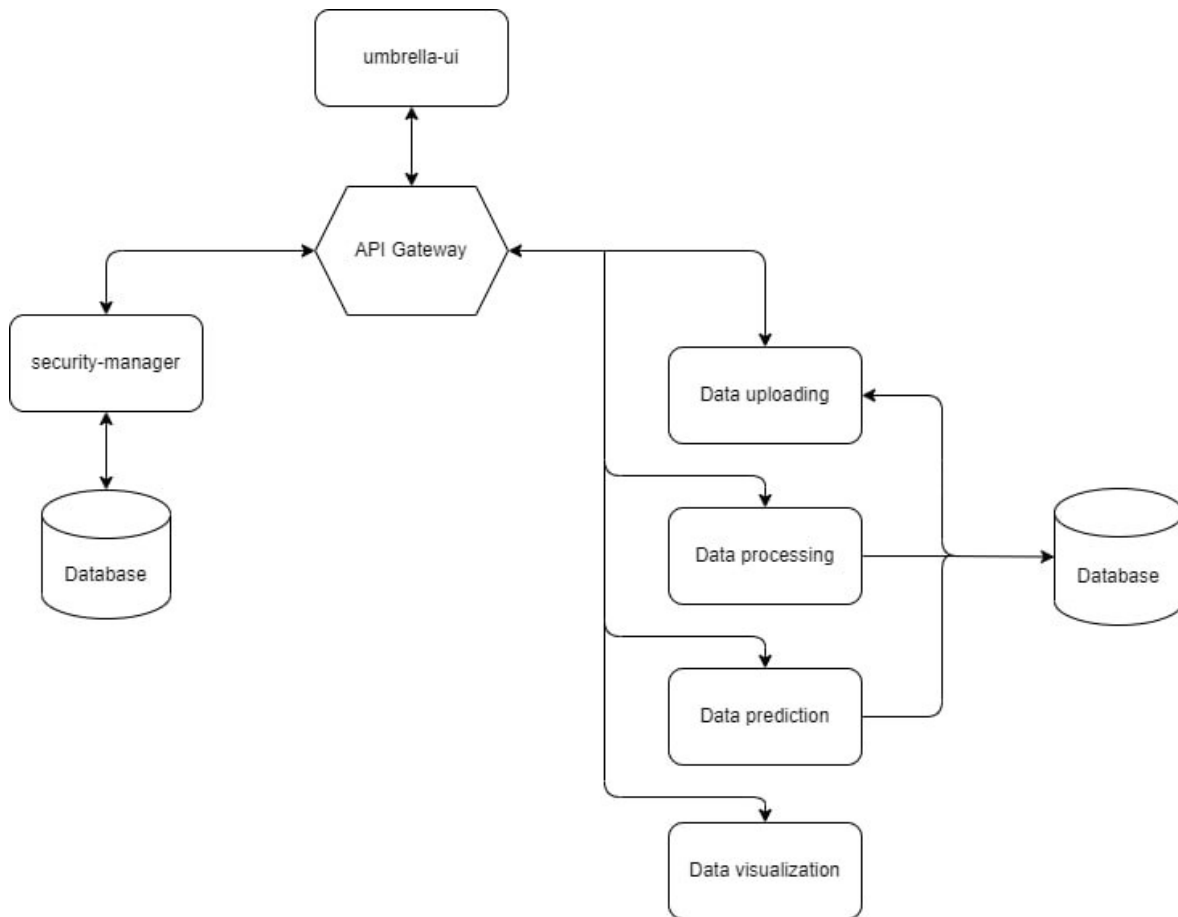


Рис. 2. Структура інформаційної системи аналізу даних

ліворуч, відомий як вхідний, або сенсорний, шар. Внутрішні шари відомі як приховані, або асоціативні, шари і зазвичай мають однакову кількість нейронів. Останній шар розташований праворуч і складається з одного нейрона, відомого як вихідний, або результативний, шар. Кількість нейронів у кожному шарі може бути налаштована довільним чином.

**Висновки.** У даній роботі виконано проектування інформаційної системи для інтелектуального аналізу даних на основі нейронних мереж із використанням мікросервісної архітектури. На основі сформованих вимог до системи розроблено її структуру та визначено підходи до реалізації компонентів.

Переваги використання мікросервісної архітектури стають особливо важливими під час обробки значних обсягів даних та вирішення складних аналітичних задач. Окрім загального позитивного впливу можливостей розподіленої функціональності системи, кожен мікросервіс може бути окремо розгорнутий, що дає змогу виконувати ефективний розподіл навантаження

та масштабування системи відповідно до вимог. Представлена система є гнучкою завдяки багатьом опціям налаштувань формування багатошарового перцептронну, що дає можливість її використовувати для вирішення задач інтелектуального аналізу даних у різних предметних галузях.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Bebeshko B., Malyukov V., Lakhno M., Skladannyi P., Sokolov V., Shevchenko S., Zhumadilova M. Application of game theory, fuzzy logic and neural networks for assessing risks and forecasting rates of digital currency. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*. 2022. Vol.100, no. 24. P. 7390–7404.
2. Давиденко Л.В. Унормування базового рівня електроспоживання об'єктів водопостачання до визначальних змінних із застосуванням нейронних мереж. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. 2021. № 1. С. 98–103.
3. Khan P., Byun Y., Lee S., Kang D., Kang J., Park H. Machine Learning-Based Approach to Predict Energy Consumption of Renewable and Nonrenewable Power Sources. *Energies*. 2020. Vol. 13, no. 18. URL: <https://doi.org/10.3390/en13184870> (date of access: 02.08.2023).

4. Duwani K., Chenyu Y., Jackson B., Jing C. Using neural network models for wine review classification. *Journal of wine economics*. 2022. Vol. 17. P. 27–41.
5. Feng N., Wu T., Liang Y. A deep dynamic neural network model and its application for ECG classification. *Journal of intelligent & fuzzy systems*. 2022. Vol. 43. P. 2147–2154.
6. Cao X., Zhang X., Togneri R., Yu Y. Underwater target classification at greater depths using deep neural network with joint multiple-domain feature. *IET radar, sonar & navigation*. 2019. Vol. 13, no. 3. P. 484–491.
7. Bai C., Guo J., Guo L., Song J. Deep Multi-Layer Perception Based Terrain Classification for Planetary Exploration Rovers. *Sensors*. 2019. Vol. 19, no. 14. URL: <https://doi.org/10.3390/s19143102> (date of access: 06.08.2023).
8. Khishe M., Mohammadi H. Passive sonar target classification using multi-layer perceptron trained by salp swarm algorithm. *Ocean engineering*. 2019. Vol. 181. P. 98–108.
9. Xin H., Kaifeng H., Jie L., Xiaoyan Y., Guoxiang W., Longfei C. E. C., Siyu Z. Combined Multi-Atlas and Multi-Layer Perception for Alzheimer's Disease Classification. *Frontiers in aging neuroscience*. 2022. Vol. 14. URL: <https://doi.org/10.3389/fnagi.2022.891433> (date of access: 09.08.2023).
10. Hashemi Aslani Z., Omidvar B., Karbassi A. Integrated model for land-use transformation analysis based on multi-layer perception neural network and agent-based model. *Environmental Science and Pollution Research*. 2022. Vol. 29, no. 19. URL: <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19392-8> (date of access: 14.08.2023).

## DATA ANALYSIS BASED ON NEURAL NETWORKS USING MICROSERVICE ARCHITECTURE

### Oleksii Shushura

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor at the Department of Digital Technologies in Energy

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, 37 Beresteyskyi ave., Kyiv, Ukraine, 03056, shushura\_oleksii@iit.kpi.ua

**ORCID: 0000-0003-3200-720X**

### Larysa Levchenko

Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor at the Department of Digital Technologies in Energy

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, 37 Beresteyskyi ave., Kyiv, Ukraine, 03056, larlevch@ukr.net

**ORCID: 0000-0002-7227-9472**

### Anna Savchuk

Master at the Department of Digital Technologies in Energy

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, 37 Beresteyskyi ave., Kyiv, Ukraine, 03056, savchukanna16@gmail.com

**ORCID: 0009-0001-5812-989X**

Information technologies based on artificial neural networks are widely used to solve various problems of data analysis. However, the need to improve the efficiency of processing large volumes of data when training neural networks makes it urgent to develop new approaches to data analysis. One of the promising directions for solving this problem is the using of microservice architecture. The purpose of this work is to design an information system for intelligent data analysis based on artificial neural networks using microservice architecture.

Functional requirements for the data analysis system were formed and presented in the form of a UML precedent diagram, and the main roles of users were defined. On the basis of the formed requirements for the system, its structure was developed and approaches to the implementation of components were determined. The structure of the system contains separate services for downloading data, processing and analyzing them, forecasts forming and visualizing information. Multi-layer perceptron is used for forecasting in the system. The input data and the results of their processing are stored in the database managed by the PostgreSQL system.

The advantages of using a microservice architecture become especially important when processing large amounts of data and solving complex analytical problems. In addition to the overall positive impact of the system's distributed functionality capabilities, each microservice can be individually deployed, that makes possibility to increase efficiency of load balancing. The presented system is flexible due to the many options of multilayer perceptron settings, which makes it possible to use it for intelligent data analysis in various subject areas.

**Key words:** information system, data analysis, machine learning, neural network, information technology, microservice architecture.

## REFERENCES

1. Bebeshko B., Malyukov V., Lakhno M., Skladannyi P., Sokolov V., Shevchenko S., Zhumadilova M. (2022). Application of game theory, fuzzy logic and neural networks for assessing risks and forecasting rates of digital currency. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 100 (24), 7390–7404.
2. Davidenko L.V. (2021). Normalization of the basic level of electricity consumption of water supply facilities to determining variables using neural networks. *Bulletin of Mykhailo Ostrogradsky KrNU*, 1, 98–103.
3. Khan P., Byun Y., Lee S., Kang D., Kang J., Park H. (2020). Machine Learning-Based Approach to Predict Energy Consumption of Renewable and Nonrenewable Power Sources. *Energies*, 13(18). Retrieved from <https://doi.org/10.3390/en13184870>
4. Duwani K., Chenyu Y., Jackson B., Jing C. (2022). Using neural network models for wine review classification. *Journal of wine economics*, 17, 27–41.
5. Feng N., Wu T., Liang Y.A. (2022). Deep dynamic neural network model and its application for ECG classification. *Journal of intelligent & fuzzy systems*, 43, 2147–2154.
6. Cao X., Zhang X., Togneri R., Yu Y. (2019). Underwater target classification at greater depths using deep neural network with joint multiple-domain feature. *IET radar, sonar & navigation*, 13(3), 484–491.
7. Bai C., Guo J., Guo L., Song J. (2019). Deep Multi-Layer Perception Based Terrain Classification for Planetary Exploration Rovers. *Sensors*, 19(14). Retrieved from <https://doi.org/10.3390/s19143102>
8. Khishe M., Mohammadi H. (2019). Passive sonar target classification using multi-layer perceptron trained by salp swarm algorithm. *Ocean engineering*, 181, 98–108.
9. Xin H., Kaifeng H., Jie L., Xiaoyan Y., Guoxiang W., Longfei C.E.C., Siyu Z. (2022). Combined Multi-Atlas and Multi-Layer Perception for Alzheimer's Disease Classification. *Frontiers in aging neuroscience*, 14. Retrieved from <https://doi.org/10.3389/fnagi.2022.891433>
10. Hashemi Aslani Z., Omidvar B., Karbassi A. (2022). Integrated model for land-use transformation analysis based on multi-layer perception neural network and agent-based model. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(19). Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19392-8>

Стаття надійшла 01.06.2023