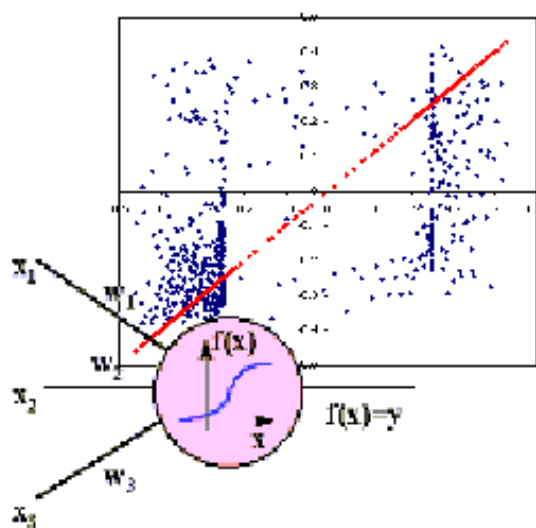


Міністерство освіти і науки України  
Національна академія наук вищої освіти України  
Інститут проблем штучного інтелекту (Україна)  
Донбаська державна машинобудівна академія (Україна)  
Academy of Professional Studies Šumadija - Kragujevac (Serbia)  
Apeiron University in Banja Luka, (Bosnia and Herzegovina)  
DAAAM International Vienna  
Mechanical Engineering Faculty in Slavonski Brod, JJ Strossmayer University of Osijek (Croatia)  
University of Montenegro Faculty of Mechanical Engineering  
University of Zielona Góra (Poland)  
"American Jurnal Neural Network and Aplication" (USA)  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя  
Вінницький національний аграрний університет (Україна)  
Вінницький національний технічний університет (Україна)  
Проблемна лабораторія мобільних інтелектуальних технологічних машин (Україна)



# ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

XXI Міжнародної наукової конференції

## «НЕЙРОМЕРЕЖНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ НМТЗ-2022»

м.м. Краматорськ-Вінниця-Тернопіль - 2022

Міністерство освіти і науки України  
Національна академія наук вищої освіти України  
Інститут проблем штучного інтелекту (Україна)  
Донбаська державна машинобудівна академія (Україна)  
Academy of Professional Studies Šumadija - Kragujevac (Serbia)  
Apeiron University in Banja Luka, (Bosnia and Herzegovina)  
DAAAM International Vienna  
Mechanical Engineering Faculty in Slavonski Brod, JJ Strossmayer University of Osijek (Croatia)  
University of Montenegro Faculty of Mechanical Engineering  
University of Zielona Góra (Poland)  
"American Jurnal Neural Network and Application" (USA)  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя  
Вінницький національний аграрний університет (Україна)  
Вінницький національний технічний університет (Україна)  
Проблемна лабораторія мобільних інтелектуальних технологічних машин (Україна)

# **НЕЙРОМЕРЕЖНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ НМТЗ-2022**

## **ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

**XXI Міжнародної наукової конференції**

за заг. ред. д-ра техн. наук., проф. С. В. Ковалевського і  
Hon.D.Sc., prof. Dasic Predrag

мм. Краматорськ-Вінниця-Тернопіль - 2022

УДК 004.032.26+621(061.3)

Н46

**Рецензенти:**

Рамазанов С.К., докт.техн.наук, докт.екон.наук, професор, Київський національний університет імені Тараса Шевченка;

Суботін С. О., докт. техн. наук, професор, Запорізький національний технічний університет

**Рекомендовано**

вченою радою Донбаської державної машинобудівної академії  
(протокол № 4 від 24.11.2022)

Н46            Нейромережні технології та їх застосування НМТЗ-2022: збірник наукових праць XXI Міжнародної наукової конференції «Нейромережні технології та їх застосування НМТЗ-2022» / [за заг. ред. д-ра техн. наук., проф. С. В. Ковалевського і Hon.D.Sc., prof. Dasic Predrag]. - Краматорськ: ДДМА, 2022. – 122 с.

ISBN 978-617-7889-32-7

У збірнику праць представлені перспективні теоретичні та практичні розробки в області нейромережних технологій, виконані в 2021 р. науковими школами України і світу. Розглядається можливість застосування нейронних мереж для управління об'єктами в режимі реального часу і особливості нейронного керування динамічними об'єктами. Наводиться ряд розробок по застосуванню нейронних мереж в різних областях практичної і науково-дослідної діяльності та створенню інтелектуальної системи для підвищення швидкості та зниження трудомісткості технологічної підготовки виготовлення нових виробів.

Для здобувачів освіти, наукових працівників широкого профілю та фахівців.

ISBN 978-617-7889-32-7

©ДДМА, 2022

## Програмний комітет конференції

**Dašić Predrag** – Hon.D.Sc., Prof., Academy of Professional Studies Šumadija - Department in Trstenik (Serbia);

**Jenek Mariusz** – Dr. inz (Polska, Uniwersitet Zielonogorski);

**Marušić Vlatko** – Dr.Sc., Prof., J.J. Strossmayer University of Osijek, Mechanical Engineering Faculty in Slavonski Brod (Croatia);

**Sandra Poirier** – Doctor of Education, CFCS, LD/N Professor (Middle Tennessee State University, USA);

**Dorđević Milan, president** – Dr.Sc., Prof., Academy of Professional Studies Šumadija - Kragujevac (Serbia);

**Guida Domenico** – Dr.Sc., Prof., University of Salerno, Department of Industrial Engineering (DIIn), Fisciano (Italy);

**Zdravko Krivokapić** – Dr.Sc., Prof., Faculty of Mechanical Engineering, Podgorica, Montenegro;

**Karabegović Isak** – Dr.Sc., Prof., Academy of Sciences and Arts of Bosnia and Herzegovina, Sarajevo (Bosnia and Herzegovina);

**Mirjanić Dragoljub** – Dr.Sc., Prof., Academy of Sciences and Arts of the Republika Srpska (ANURS), Banja Luka (Republic of Srpska - Bosnia and Herzegovina);

**Nedeff Valentin** – Dr.Sc., Prof., University of Bacău, Faculty of Engineering, Bacău (Romania)

**Pele Alexandru-Viorel, dean** – Dr.Sc., Prof., University of Oradea, Faculty of Management and Technological Engineering, Oradea (Romania);

**Zhelezarov S. Piya, rector** – Dr.Sc., Prof., Technical University of Gabrovo, Gabrovo (Bulgaria);

**Yevhenii Shkvar** - Dr.Sc., Prof., College of Engineering, Zhejiang Normal University, Department of Mechanical Design and Automaton (China);

**Ковалевська О.С.** – к.т.н., доц., ДДМА, м.Краматорськ-Тернопіль (Україна);

**Ковалевський С.В.** – д.т.н., проф., ДДМА, м.Краматорськ-Тернопіль (Україна);

**Ковальов В.Д.** – д.т.н., проф., ДДМА, м.Краматорськ-Тернопіль (Україна);

**Новіков Ф.В.** – д.т.н., проф., ХНЕУ, м.Харків (Україна);

**Рамазанов С.К.** – д.т.н., д.е.н., проф., КНЕУ, м.Київ (Україна);

**Сапон С.П.** – к.т.н., доц., ЧНТУ, м. Чернігів (Україна);

**Суботін С.О.** – д.т.н., проф., ЗНУ, м. Запоріжжя (Україна);

**Турчанін М.А.** – д.х.н., проф., ДДМА, м.Краматорськ-Тернопіль (Україна);

**Хасцька О.П.** – к.е.н., доц., ВНАУ, м.Вінниця (Україна);

**Шевченко А.І.** – д.т.н., проф., ППШ НАНУ, м.Київ, (Україна);

**Шевчук О.Ф.** – к.ф-м.н., доц., ВНАУ, м.Вінниця (Україна).

1. **Ковалевський С.В.** (*Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ-Тернопіль, Україна*) **XXI МІЖНАРОДНА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ «НЕЙРОМЕРЕЖНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ - НМТІЗ-2022».** 9
2. **Shevchenko A. I., Vakulenko M. O., Klymenko M. S.** (*Institute of Problems of Artificial Intelligence, Kyjiv, Ukraine*) **THE PROJECT STRATEGY FOR ARTIFICIAL INTELLIGENCE DEVELOPMENT IN UKRAINE: WHYS AND HOWS.** 10
3. **Predrag Dasic** (*Academy of Professional Studies Šumadija - Department in Trstenik, Serbia*) **DEVELOPMENT OF SOFTWARE SYSTEMS FOR RELIABILITY ANALYSIS OF THE COMPONENTS TECHNICAL SYSTEM** 17
4. **Domenico Guida** (*Department of Industrial Engineering, University of Salerno, Italy*) **DEVELOPMENT OF SIMULATION OF UNMANNED TRANSPORT SYSTEMS** 20
5. **Ryszard Tadeusiewicz** (*AGH University of Science and Technology, Krakow Poland*) **SIĘCI NEURONOWE JAKO NOWE NARZĘDZIE AUTOMATYKI I INFORMATYKI.** 22
6. **Jeanette Hellgren Koteleski** (*Science for Life Laboratory, School of Electrical Engineering and Computer, Science, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden*) **HYPOTHESES OF NEURAL NETWORK MODELING.** 25
7. **Рамазанов С.К., Макаренко М.Б., Вовчак А.В.** (*Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана, Україна*) **ВИКОРИСТАННЯ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ПОШУКУ МЕДИЧНИХ ДАНИХ.** 27
8. **Бодянський Є.В., Костюк С.О.** (*Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна*) **ПРОЦЕДУРА ДВОКРОКОВОГО ОНОВЛЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ШТУЧНИХ НЕЙРОНІВ З АДАПТИВНИМИ АКТИВАЦІЙНИМИ ФУНКЦІЯМИ.** 30
9. **Слюсар В.И.** (*Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки ЗС України*), **Слюсарь И.И.** (*Полтавський державний аграрний університет*) **АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕХАНИЗМОВ ВНИМАНИЯ В ЗАДАЧЕ СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЦИФЕРБЛАТОВ АНАЛОГОВЫХ СЧЕТЧИКОВ.** 37
10. **Малий Р.І., Хаджиков А.С., Клименко М.С., Сімченко С.В.** (*Інститут проблем штучного інтелекту МОН і НАН України*) **РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ГРУПОЮ БЕЗПЛОТНИХ АПАРАТІВ.** 44
11. **Dilip Kumar, Neha lakhwan, Anita Rawat** (*Department of Civil Engineering, Govind Ballabh Pant Engineering College, Pauri, India*) **STUDY AND PREDICTION OF LANDSLIDE IN UTTARKASHI, UTTARAKHAND, INDIA USING GIS AND ANN.** 46
12. **Гітіс В.Б., Следнев Л.С.** (*Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ-Тернопіль, Україна*) **ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДІВ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ** 48

## ДАНИХ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ ГОТЕЛЬНОГО БІЗНЕСУ

13. **Клименко М.С., Сімченко С.В.** (*Інститут проблем штучного інтелекту МОН і НАН України*) **ЗАСТОСУВАННЯ СЕМАНТИЧНОЇ МЕТРИКИ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ОСОБИ ЗА ЛІНГВІСТИЧНИМИ ОЗНАКАМИ МОВЛЕННЯ.** 51
14. **Ковалевський С.В., Сидюк Д.М.** (*Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ – Тернопіль, Україна*) **NEURAL NETWORK MODELS ДЛЯ МАШИНОБУДУВАННЯ.** 53
15. **Мельников О.Ю., Козуб Д.С.** (*Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ – Тернопіль, Україна*) **ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОТИЕПІДЕМІЧНИХ ЗАХОДІВ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЗМІНИ ВІДСОТКА ІНФІКОВАНИХ ТА ПЕРЕНЕСЕНИХ ХВОРОБ У ТЯЖКІЙ ФОРМІ.** 56
16. **Шевчук О.Ф., Хаєцька О.П., Ковалевський С.В.** (*Вінницький національний аграрний університет, Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ – Тернопіль, Україна*) **ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗВИТКУ СКЛАДНИХ СИСТЕМ НА ПІДСТАВІ НЕЙРОМОДЕЛЕЙ.** 62
17. **Ізонін І. В., Ткаченко Р. О., Сидор М. С., Підкостельний Р. Р.** (*Національний університет “Львівська політехніка”, м. Львів*) **ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ РОБОТИ ДВОКРОКОВОГО МЕТОДУ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ДАНИХ.** 65
18. **Ляпкало Ю.А.** (*Інститут інформаційних технологій в економіці Київського економічного університету імені Вадима Гетьмана, Україна*) **МОЖЛИВОСТІ НЕЙРОМОРФНИХ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ АЛГОРИТМІВ І ПРОГРАМ.** 67
19. **Ryszard Tadeusiewicz** (*AGH University of Science and Technology, Krakow Poland*) **MODELOWANIE ELEMENTÓW SYSTEMU Z WYKORZYSTANIEM SZTUCZNYCH SIĘCI NEURONOWYCH.** 70
20. **Gordana V.Jelić<sup>1</sup>, Vladica Stojanović<sup>2</sup>, Dejan Stošović<sup>1</sup>** (*University of Kosovska Mitrovica, <sup>1</sup>Faculty of Technical Sciences, <sup>2</sup>Faculty of Sciences and Mathematics, Serbia*) **ANALYSIS OF MECHANISMS USING NEURAL NETWORKS** 72
21. **Кошева Л.В.** (*Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ-Тернопіль, Україна*) **АПАРАТ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ДЛЯ ОБРОБКИ ДАНИХ ПЕДАГОГІЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ.** 76
22. **Ольховська О.Л., Гудкова К.Ю., Сабайдаш І.О.** (*Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ-Тернопіль, Україна*) **СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ТОРГІВЕЛЬНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ПОКУПЦІВ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОГО ЛОГІЧНОГО ВИСНОВКУ** 79
23. **Ольховська О.Л., Гудкова К.Ю., Зиганшина В.А** (*Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ-Тернопіль, Україна*) **ЗАСТОСУВАННЯ АПАРАТУ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ДЛЯ ОЦІНКИ ПОКАЗНИКІВ ДІЯЛЬНОСТІ ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ** 81

24. Мельников О.Ю., Деркач Р.Р. (Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ-Тернопіль, Україна) **ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА РІВЕНЬ ОПАНУВАННЯ СТУДЕНТАМИ ПЕВНИХ ФАХОВИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ ТА ПРОГРАМНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ** 83
25. Мельников О.Ю., Капелешук А.О. (Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ-Тернопіль, Україна) **ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ПІДРАХУНКУ НЕ БОЙОВИХ ВТРАТ ВІЙСЬКА ПІД ЧАС ВОЄННИХ ПОХОДІВ.** 87
26. Мельников О.Ю., Михайлов В.Ю. (Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ-Тернопіль, Україна) **ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ НАЛЕЖНОСТІ РЕЧЕННЯ ДО КОНКРЕТНОЇ МОВИ** 91
27. Ковалевський С.В., Ковалевська О.С. (Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ – Тернопіль, Україна) **УНІВЕРСАЛЬНІ ЕТАЛОННІ МОДЕЛІ НА НЕЙРОБАЗИСІ.** 94
28. Ковалевський С.В., Сидюк Д.М. (Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ – Тернопіль, Україна) **ВИКОРИСТАННЯ NEURAL NETWORK MODELS ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ СТАНУ ОБ'ЄКТІВ МАШИНОБУДУВАННЯ** 96
29. **Sergiy Kovalevskyy, Predrag Dasic, Olena Kovalevska, Valeriia Duk** (Donbas State Engineering Academy, Kramatorsk - Ternopil, Ukraine; Academy of Professional Studies Šumadija - Department in Trstenik, Serbia) **NEURAL NETWORK MODELING OF SOCIO-ECONOMIC PARTNERSHIP IN EDUCATIONAL SPACE** 100
30. **Sergiy Kovalevskyy, Olena Kovalevska, Ludmila Kosheva, Valeriia Hanavska** (Donbas State Engineering Academy, Kramatorsk - Ternopil, Ukraine) **BUSINESS PARTNERSHIP MODELING USING NEURAL NETWORKS** 103
31. Древетняк С.А., Ковалевський С.В., (Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ – Тернопіль, Україна) **КАРТИ КОХОНЕНА ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІ ОСВІТНІХ КОМПОНЕНТ НОВИХ ОСВІТНІХ ПРОГРАМ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ.** 106
32. Сидюк Д.М., Ковалевський С.В. (Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ – Тернопіль, Україна) **РОЗМІРНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА НЕЙРОМОДЕЛЯХ** 108
33. **Slobodan Adžić<sup>1</sup>, Marijana Milunović<sup>1</sup>, Bojan Branković<sup>2</sup>** (<sup>1</sup>Faculty of Management FAM, University Union-Nikola Tesla, Belgrade, Serbia; <sup>2</sup>University in Belgrade, Faculty of Political Sciences, Belgrade, Serbia). **RATIONALE FOR APPLICATION OF NEURAL NETWORK MODELING FOR ENVIRONMENTAL MONITORING** 110
34. Мироненко М., Ковалевський С.В. (Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ – Тернопіль, Україна) **НЕЙРО АЛГОРИТМИ СІНТЕЗА СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ СКЛАДНИМИ КОМПЛЕКСАМИ.** 116

35. **Олійник С.Ю.** (*Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ – Тернопіль, Україна*) **КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИХОВНИХ ЗАХОДІВ В ДДМА З ВИКОРИСТАННЯМ АПАРАТУ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ.** **119**
36. **Онищук С.Г., Тулупов В.І.** (*Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ – Тернопіль, Україна*) **ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ.** **121**



**Ковалевський С.В.** (Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ-Тернопіль, Україна)

## **XXI МІЖНАРОДНА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ «НЕЙРОМЕРЕЖНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ - НМТЗ-2022».**

Чергова двадцять перша Міжнародна науково-технічна конференція «Нейромережні технології та їх застосування НМТЗ-2022» проходить у складних умовах агресії росії, яка розв'язала проти нашої країни нічим не спровоковану, жорстоку, варварську, загарбницьку війну. Ворог поставив за мету знищення України, її інтелекту, культури, ідентичності. Народ України мужньо протистоїть імперським планам загарбника і робить усе, щоб вистояти у цьому протистоянні. І ми відчуваємо величезну підтримку та допомогу всього демократичного світу, який вирізняється високими моральними та інтелектуальними якостями.

Перед вітчизняною наукою стоять завдання, вирішення яких є життєво важливим з урахуванням викликів, аналогів яким у світі немає. Необхідно вирішувати завдання безпосередньо пов'язані з використанням вкрай обмежених ресурсів у найкоротші терміни. Причому ці рішення мають бути оптимальними у кожний момент часу та у довгостроковій перспективі. А технічні, економічні, організаційні заходи, що вживаються, покликані безперервно формувати соціально-економічне середовище, в якому гармонійно і безпечно розвивається як суспільство в цілому, так і кожна людина.

Сьогодні об'єднанню інструментарію дослідження та побудови глибоко комп'ютеризованого середовища з метою багатокритеріальної оптимізації сприяють розробки в галузі перспективних засобів моделювання різних об'єктів та процесів із високим ступенем ідентифікації таких моделей реального світу. До таких засобів у першу чергу можна віднести нейромережні технології як процеси ідентифікації нейромережних моделей, що наближають, до процесів системної взаємодії живої та неживої природи на основі інтелектуальних обчислень.

У зв'язку з викладеним природним розвитком системного моделювання є розробки у сфері розвитку штучного інтелекту як найвищого рівня моделювання довкілля та оптимального управління нею. При цьому досвід застосування нейромережних технологій для вирішення різного кола практичних завдань сприяє розумінню та служить подальшому розвитку наукомістких засобів та методів побудови середовища безпечної життєдіяльності кожної людини окремо та всього суспільства загалом.

Чергова двадцять перша науково-технічна конференція «Нейромережні технології та їх застосування НМТЗ-2022» також сприятиме цим перерахованим вище цілям.

**Shevchenko A. I., Vakulenko M. O., Klymenko M. S.** (*Institute of Problems of Artificial Intelligence, Kyjiv*)

## **THE PROJECT STRATEGY FOR ARTIFICIAL INTELLIGENCE DEVELOPMENT IN UKRAINE: WHYS AND HOWS**

*In this article, the project Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine for the 2022-2030 years created by a group of Ukrainian scientists and scholars under the guidance of the Institute of Artificial Intelligence Problems of the Ministry of Education and Science of Ukraine and the National Academy of Sciences of Ukraine, is analyzed. The project takes into account the strategies for the development of artificial intelligence in various countries and the 2021 Artificial Intelligence Strategy for NATO, as well as the Concept of the Development of Artificial Intelligence in Ukraine. It is argued that a machine with a developed AI should possess artificial consciousness that results in an emergence of a human-like artificial personality. The significance and outcomes of the Strategy for the Development of Artificial Intelligence in Ukraine have been analyzed.*

*Розглянуто проєкт Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні на 2022 – 2030 роки, створений групою українських науковців під керівництвом Інституту проблем штучного інтелекту Міністерства освіти і науки України та Національної академії наук України. Проєкт урахує подібні стратегії розвитку штучного інтелекту, прийняті в інших країнах світу, Стратегію НАТО щодо штучного інтелекту, а також Концепцію розвитку штучного інтелекту в Україні. Показано, що машина з розвиненим штучним інтелектом повинна мати штучну свідомість, яка призводить до виникнення штучної особистості, подібної до людини. Проаналізовано значення і очікувані наслідки реалізації Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні.*

Artificial intelligence is one of the most important technologies in this day and age. More than fifty developed countries as well as the North Atlantic Treaty Organization (NATO) have already created and adopted national strategies for the development of artificial intelligence in order to set tasks and priorities in the area, accelerate socio-economic development, and speed up scientific and technological progress [Stanley-Lockman and Christis 2021].

The technological level of the domestic production of computer equipment and its elemental base does not allow us to consider in the near future the possibility of full-fledged competition of Ukrainian products on the market of hardware solutions of AI technologies. At the same time, the available potential of scientists and their achievements is not properly utilized. The number of scientists participating in international projects is increasing, **which indicates the active use of our scientific potential by other countries**. Joint international projects in Ukraine arise mainly chaotically, without consideration of their expediency for the state and without proper coordination from a single center. **Participation in such projects, mostly small ones, disperses the efforts of Ukrainian scientists and distracts them from setting and solving problems of national importance.**

Currently, the use of artificial intelligence in Ukraine is limited mainly to leading organizations in the fields of industry, information and communication, and financial technologies, based on foreign developments. Often, such developments are created in Ukraine, but the intellectual property rights to them belong to foreign companies.

At the same time, in scientific institutions and institutions of higher education of Ukraine, scientific teams have been created that conduct research in the field of AI and have obtained a number of important fundamental and applied scientific and technical results, in particular, at the V. Ğluškov Institute of Cybernetics of the National Academy of Sciences of Ukraine, at the Institute of Artificial Intelligence Problems of the National Academy of Sciences of Ukraine and the National Academy of Sciences of Ukraine, at the International Scientific and Educational Center of Information Technologies and Systems of the National Academy of Sciences of Ukraine and the National Academy of Sciences of Ukraine, at the Institute of Mathematical Machines Problems and Systems of the National Academy of Sciences of Ukraine, at the Taras Shevchenko

National University of Kyiv, at the National Technical University “Igor Sikorskyj Kyiv Polytechnic Institute of Ukraine”, at the National Aviation University, at the Institute of Applied System Analysis of the National Academy of Sciences of Ukraine and the Ministry of Education and Science of Ukraine, at the P. Šupyk National University of Health Care of Ukraine, at the Lviv Polytechnic National University, at the Xarkiv National University of Radio Electronics, at the Zaporizhzhja Polytechnic National University, at the Odesa National Polytechnic University, at the P. Moğyla Black Sea National University, at Černiğiv Polytechnic National University, Vadym Hetjman Kyiv National University of Economics, and other institutions of Ukraine. Every year, the community of AI developers grows in Ukraine. Many conferences dedicated to AI and machine learning are held (AI & Big Data Day, AI Ukraine, International Conference "Artificial Intelligence and Intelligent Systems" and many others).

The lack of appropriate targeted funding and a conceptual vision of the development of the field of AI leads to inefficient use of resources, loss of personnel potential, and ultimately to the outflow of specialists and promising scientists who leave for countries with more favorable conditions for scientific research.

**The draft Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine has been created on the basis of existing scientific structures, exceptional scientific accomplishments, and high educational attainment.** The information obtained from many agencies and institutions involved with defense and security, science, education, marketing, and logistics demonstrates that further development of enumerated sectors will not be effective without the introduction of artificial intelligence systems. **The analysis of modern results of fundamental, applied and experimental research on artificial intelligence proved the existence of real possibilities for creating breakthrough technologies based on AI.**

The following professionals took part in the development of the SAIDU project: A. Shevchenko, O. Bilokobyljskyj, M. Vakulenko, O. Chertov, V. Kazymyr, Ju. Kondratenko, V. Pysarenko, S. Ramazanov, V. Sljusar, R. Tashchijev, V. Fetysov, T. Jeroshenko, R. Khalikov, V. Chebanov, O. Kozlov, Je. Sidenko, S. Simchenko, A. Zhokhin, M. Klymenko, O. Strjuk. The SAIDU is based on the provisions of the Concept for the Development of Artificial Intelligence in Ukraine [Konceptija 2020], prepared by the Ministry of Digital Transformation of Ukraine and approved by the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 1556 dated 02.12.2020, is its development and the main implementation mechanism.

This paper is aimed to present the main provisions of the draft SAIDU and to discuss its anticipated outcomes.

## MAIN PROVISIONS OF THE DRAFT STRATEGY FOR ARTIFICIAL INTELLIGENCE DEVELOPMENT IN UKRAINE

Many countries aim to develop and adopt artificial intelligence. The plans, concepts, and strategies often highlight healthcare, technology, agriculture, and manufacturing as high-potential sectors for transformation by means of artificial intelligence. Governments comprehend the significant potential of this technology for retaining their positions and for the possible building of competitive advantage in main manufacturing industries.

For all the similarities of general tasks, principles, and methods of achieving similar goals, foreign approaches cannot be effectively implemented in Ukraine. The specifics of the current state and the unique conditions of our country determine the formation of alternative ways of AI development, taking into account the leading world practices.

**The SAIDU is the next step in the implementation of the tasks formulated in the Concept for the Development of Artificial Intelligence in Ukraine [Konceptija 2020] and involves a deeper understanding of the meaning of the concept of "artificial intelligence",** which is based on the application of the principles and mechanisms of the functioning of the human brain, in particular, its consciousness and conscience.

The term "artificial consciousness" was introduced into scientific circulation as early as 1992 [Aleksander 1992]. Later, the problem of artificial consciousness was studied by foreign specialists John Kihlstrom, Anil Seth, Stanislas Dehaene, Michael Graziano, Taylor Webb et al. [Kihlstrom 1997; Seth, Baars, and Edelman 2005; Dehaene, Lau, and Kouider 2017; Graziano 2017; Graziano and Webb 2017]. Ukrainian scientists began such research in 2002 when Anatolij Shevchenko presented a report at the International Conference "Artificial Intelligence" on approaches to the problem of modeling artificial intelligence and artificial consciousness [Shevchenko 2002].

The Ukrainian scientific school of artificial intelligence considers human consciousness as a fundamental socio-cognitive system that is a product of the activity of its brain and is capable of perceiving and recognizing information, forming and systematizing knowledge, self-learning, making independent motivated decisions depending on the tasks and existing circumstances, taking into account laws and rules of society. Consciousness forms a personality.

The concept of artificial consciousness implies the presence of an artificial conscience as a mechanism for ensuring the ethics of AI decisions.

A qualitative assessment of the results of a person's conscious activity correlates with the level of their **IQ** (Intelligence Quotient), which is a quantitative characteristic of intelligence. **Therefore, the primary task in the implementation of artificial intelligence is the creation of an intellectual system that forms artificial consciousness as a model of the functional apparatus of human consciousness. Similar to human consciousness, the artificial consciousness of a machine is proposed to be considered an object of scientific research.**

Human intelligence serves as a prototype of artificial intelligence [Shevchenko and Klymenko 2020]. From a technological point of view, **artificial intelligence is a system of algorithms and programs for generating new knowledge and solving creative tasks created and controlled by the artificial consciousness of a computer.** Such a system implements artificial intelligence as a set of functions of a weakly structured informal system, which determine its purpose of the activity, the possibility of decision-making taking into account ethical and moral, and legal norms, mechanisms of learning and self-learning, mastering knowledge about knowledge, self-awareness, etc. [Shevchenko 2002; Graziano 2017; Klymenko 2020].

**Artificial consciousness function** manifests itself as a global self-organized information product, which evaluates and **controls** core processes of the computer system, **transfers** data between components inside a system in order to coordinate its parts, and provides for **social**, personal perception of reality [Shevchenko et al. 2022: 30-31].

As regards technology development, **the artificial consciousness** is an emergent algorithm for the information processes **control** and computer system components **integration** with the **prohibition on putting certain system's decisions into action.** It is a self-aware algorithm, which possesses knowledge of the environment, can train itself, and make independent knowledge-based decisions conforming to the legislation and society rules [Shevchenko et al. 2022: 30-31]. It conditions **internal integration and external separation** of the system. That interpretation of the **artificial consciousness correlates with NATO's Principles of Responsible Use for AI laid out in the Artificial Intelligence Strategy, in particular the ability to deactivate systems, when such systems demonstrate unintended behavior.**

The available scientific research and documents **allow us to determine the area of a breakthrough in scientific research for Ukraine, which is taking place in fundamental science, in particular in the field of artificial intelligence. It is necessary to create a high-tech product in the field of informatics and artificial intelligence in Ukraine, which will replace the current computer systems. This is the most promising direction for the implementation of the results of basic research, and also corresponds to the vision of AI in the NATO Strategy for Artificial**

**Intelligence, which sees AI as a fundamental tool that provides an unprecedented opportunity to achieve technological superiority.**

These studies provide the solution to the strategic task of creating a **breakthrough technology**, in particular, a **competitive computing machine of the new generation, created on the basis of traditional technologies and on the technologies of quantum computing**. The basic model of the machine (computer, artificial personality) must have a key intellectual unit – **artificial consciousness** – and be characterized by a sufficient level of **artificial intelligence**, which will ensure the universality of its use.

The main condition for the functioning of such a machine is the need to take into account the laws of natural sciences, moral and ethical, and legal norms adopted in the international community and in a separate state. This approach will ensure optimal decision-making in the interests of a specific user and humanity as a whole.

**The purpose of the SAIDU project is to create prerequisites for the post-war recovery of the state's economy, primarily security and defense, science and education, ensuring its sustainable development based on breakthrough AI technologies and the corresponding improvement of the population's well-being and quality of life. The realization of the specified goal will bring Ukraine closer to the leadership positions in the world in the field of artificial intelligence.**

Nowadays, no state can operate in isolation from other countries as to the creation and implementation of AI: only international cooperation of scientists will foster the promotion of high-tech AI technologies. Ukraine being a part of the European community and a member of the Committee on Artificial Intelligence of the Council of Europe should focus primarily on the standards of NATO, the EU, the Council of Europe, and other European AI institutions.

The SAIDU takes into account and will apply global AI standards.

**The Artificial Intelligence Strategy for NATO adopted in October 2021 to accelerate the implementation of AI, interprets AI as an opportunity to achieve technological superiority, but at the same time as a source of threats, and sets the following goals:**

- acceleration and active promotion of AI implementation;
- protection and monitoring of AI technologies and innovative capabilities, taking into account security policy considerations, such as the practical application of the Principles of Responsible Use;
- detection and protection against threats of malicious use of AI [Stanley-Lockman and Christis 2021].

The SAIDU project takes into account the recommendations of the Council of Europe on AI issues of May 22, 2019 (OECD Legal Instruments), which establish the principles of AI development activities.

The SAIDU project takes into account the results of the UNESCO General Conference on November 21, 2021. At this conference, 193 countries, including Ukraine, adopted global ethical standards for artificial intelligence, which highlight four main areas of regulation of AI behavior.

By 2030, a flexible system of normative, legal, and ethical regulation in the field of AI should be in place, which, in particular, will guarantee the safety of the population and will be aimed at stimulating the development of AI technologies and systems. It is necessary to adopt a separate law "On artificial intelligence", as well as relevant resolutions of executive authorities, by-laws, and instructions, to join already existing international treaties and conventions, to initiate the convening of international ad hoc conferences to resolve issues of codification of artificial intelligence.

In order to implement the SAIDU, it is necessary to introduce organizational and financial mechanisms to support fundamental research and applied development and the introduction of AI in

the production of goods and services, in particular, to create a **Committee on the Development and Implementation of Artificial Intelligence** under the Cabinet of Ministers of Ukraine.

Scientific-technical and scientific-methodological support for the implementation of the SAIDU project should be carried out by the **Scientific Center of Artificial Intelligence**, established on the basis of the Institute of Artificial Intelligence Problems of the Ministry of Education and Science of Ukraine and the National Academy of Sciences of Ukraine.

The core task of the SAIDU is the introduction of advanced AI technologies in the defense sector with regard to **NATO's Artificial Intelligence Strategy, the responsible Strategy for Artificial intelligence of the US Department of Defense, and ways of its implementation, the Decree of the President of Ukraine dated March 25, 2021 No. 121 "On the Military Security Strategy of Ukraine" and the Strategy of the Development of the Defense Industrial Complex of Ukraine**, in particular in the system of military management and logistics in peacetime and during martial law. It provides an opportunity to solve complex security and defense tasks.

**AI technologies will be used to support decision-making in the process of preparing strategic operations and tactical combat operations. These technologies will be used in control systems for space weapons; air, aquatic, and ground vehicles; recognition systems; for analysis of satellite images and cyber defense; for the automation of labor-intensive operations in the construction of military engineering facilities.**

Challenges and threats related to the disruptive capabilities of AI, which is a global danger, must be considered. An important security direction should be the development of AI systems to counter the enemy's highly intelligent weapons, and conducting research on AI security. Appropriate research organizations will be created for this purpose. It is also necessary to develop and implement regulatory documents that regulate the use of dual-purpose AI.

It is necessary to introduce AI methods and technologies in the field of cybersecurity in order to ensure prevention and effective RESTRAINT of challenges and threats arising in cyberspace, to ensure an effective COMBAT against cybercrime and cyberterrorism, to ensure the intelligence and counterintelligence of the relevant agencies.

**The implementation of artificial intelligence in mobile systems, in particular in unmanned aerial vehicles, ground and underwater works to fight enemy aircraft, submarines and surface boats is also relevant.** Machine (in particular, deep) learning, computer vision, and pattern recognition, big data analysis, speech recognition, stable communication systems, multi-agent control, and organization technologies should be recognized as the main areas of the introduction of artificial intelligence into mobile systems, which include UAV swarms of autonomous robots.

The SAIDU project implies the development of AI technologies as separate scientific areas: fuzzy sets and fuzzy logic, artificial neural network, hybrid neuro-fuzzy and fuzzy neural networks, bioinspired metaheuristic optimization algorithms (evolutionary and multiagent algorithms, algorithms that mimic physical and other processes). The implementation of AI methods and technologies in other fields of science and education is foreseen - in particular, to optimize the educational process and profile students according to abilities - as well as the development of interdisciplinary research at the intersection of artificial intelligence and other fields of science. Much attention should be paid to the development of the linguistic competence of the AI based on the correct evaluation of text and word semantics [see Klymenko 2020; Vakulenko 2021; Vakulenko 2022; Vakulenko 2022b].

It is planned to introduce educational disciplines that will study AI at various stages of education. The network of training centers aimed at training highly qualified personnel for Ukraine in the field of artificial intelligence will be expanded, unified, and systematized.

It is planned to create transdisciplinary clusters to ensure monitoring studies of students' cognitive and intellectual development, compliance with educational programs, and the content of educational and methodical materials with the challenges of scientific and scientific-technical development of society, quality of the content of teaching the basics of sciences.

As for the healthcare, the SAIDU project provides for the measures aimed at improving standards of living and increasing life expectancy.

The SAIDU requires a systematic approach, which includes proper scientific support, funding, and a qualified workforce. It calls for state support, as well as the attraction of private sector funds and venture capital.

The SAIDU involves using the well-known "continuous chain" of conducting and commercializing scientific research. Its scheme looks like this: **marketing research on the availability of breakthrough technologies and the results of science ↔ intensive research in the state, determination of the potential sales market of the final science ↔ intensive product with artificial intelligence ↔ determination and analysis of personnel potential and financial flows for solving the tasks ↔ determination of the object for conducting fundamental research ↔ conducting fundamental research ↔ conducting applied research ↔ conducting experimental research ↔ introduction of created and available new technologies for various industries ↔ reproduction of production ↔ creation of finished products ↔ market.**

The basic points of AI and artificial neural networks theory should be introduced as a study program in schools and higher education institutions in Ukraine. Particular attention should be paid to the introduction of interactive software tools for deep learning and neural network building, natural speech processing, and computer vision technologies.

Till 2030 world-class educational programs for the training of highly qualified specialists and managers in the field of artificial intelligence will be implemented in Ukraine. Ukrainian educational organizations should occupy leading positions in the world in certain directions in this field. The shortage of specialists in this field needs to be eliminated, including through the involvement of leading foreign specialists with academic degrees.

## CONCLUSION

We have put forward and discussed the draft Strategy for Artificial Intelligence Development in Ukraine (SAIDU), which makes it possible to follow general world trends in AI development. The SAIDU is a state-level document of national importance, which identifies research priority areas (basic research, applied research, and experimental study), sets tasks and methods for the adoption of national and global AI-based technologies for the benefit of national security and defense, as well as the socio-economic development of Ukraine.

It was shown that Ukraine has the sufficient scientific potential to make a breakthrough in the AI area, particularly in providing premises for the creation of an artificial personality with elements of artificial consciousness similar to human consciousness. The possible areas of implementation of SAIDU and its anticipated impacts have been analyzed. The implementation of the SAIDU should solve for our state the civilizational task of establishing its worthy role in the field of AI and in the creation of the AI ecosystem in general. **The SAIDU project not only determines the ways to avoid the technological dependence of our country in the field of AI but is also intended to become an important factor in comprehensively promoting its economic, technological, and political development.**

## LITERATURE

1. Aleksander, I. 1992. *Capturing consciousness in neural systems. Artificial Neural Networks 2. Proc. ICANN-92, London: North-Holland, pp. 17-22.*

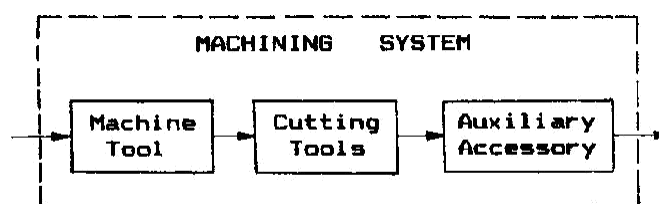
2. Dehaene, S., Lau, H., and Kouider, S. 2017. What is consciousness, and could machines have it? In: *Science* 358, pp. 486-492.
3. Graziano, M. 2017. The attention schema theory: A foundation for engineering artificial consciousness. In: *Frontiers in Robotics and AI* 4, art. 60, pp. 1-9.
4. Graziano, M., and Webb, T. 2017. Understanding consciousness by building it. Part three: Metaphilosophy of consciousness studies. In: *Bloomsbury companion to the philosophy of Consciousness*, pp. 185-210.
5. Kihlstrom, John. 1997. Consciousness Me-ness. Chapter 24. *Scientific Approaches to Consciousness* (Ed. Jonathan Cohen).
6. Klymenko, M. 2020. Development of knowledge-oriented decision-making support subsystem for an intellectual information system. In: *Shtuchnyj intelekt* 25(1), pp. 51–56 [In Ukrainian].
7. *Koncepcija rozvytku shtuchnogho intelektu v Ukraini* [Concept of artificial intelligence development in Ukraine]. 2020. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-2020-%D1%80#n8> [in Ukrainian].
8. Seth, A. K., Baars, B. J., and Edelman, D. B. 2005. Criteria for consciousness in humans and other mammals. In: *Consciousness and cognition* 14, pp. 119-139.
9. Shevchenko, A. I. 2016. Do pytannja shchodo stvorennja shtuchnogho intelektu [To the question of creating artificial intelligence]. In: *Shtuchnyj intelekt* 1, pp. 7–15 [in Russian].
10. Shevchenko, A. I. and Klymenko, M. S. 2020. Developing a Model of Artificial Conscience. In: *Proceedings of the 2021 IEEE 16th International Conference on Computer Science and Information Technologies (CSIT), Lviv, Ukraine. Vol. 1*, pp. 51–54.
11. Shevchenko, A., Bilokobyls'kyj, O., Vakulenko, M. et al. 2022. Regarding the draft strategy development of artificial intelligence in Ukraine (2022 – 2030). In: *Shtuchnyj Intelekt*, vol. 1, pp. 8–157.
12. Stanley-Lockman, Zoe and Christis, Edward Hunter. 2021. An artificial intelligence strategy for NATO. 25 October 2021. URL: <https://www.nato.int/docu/review/articles/2021/10/25/an-artificial-intelligence-strategy-for-nato/index.html>.
13. Vakulenko, Maksym. 2021. From Semantic Metrics to Semantic Fields. In: *Proceedings of the 2021 IEEE 16th International Conference on Computer Science and Information Technologies (CSIT), 22–25 September 2021, Lviv, Ukraine. Pp. 44–47*. DOI: [10.1109/CSIT52700.2021.9648675](https://doi.org/10.1109/CSIT52700.2021.9648675).
14. Vakulenko, M. O. 2022a. Semantic Comparison of Texts by the Metric Approach. In: *Digital Scholarship in the Humanities*. Published online: 11 October 2022. DOI: [10.1093/llc/fqac059](https://doi.org/10.1093/llc/fqac059).
15. Vakulenko, M. O. 2022b. Deep Contextual Disambiguation of Homonyms and Polysemants. In: *Digital Scholarship in the Humanities* (in press).



## DEVELOPMENT OF SOFTWARE SYSTEMS FOR RELIABILITY ANALYSIS OF THE COMPONENTS TECHNICAL SYSTEM

*This paper presents the methods and an example of the reliability analysis of the power system for eccentric press INN 1500 and multi-bladed indexable inserts made of multi-coatings hard metal for turning of steel 18CrNi6.*

The reliability of a machining system, e.g. a lathe with numerical control (NC), consists of the reliability of subsystems (figure 1): machine tools, cutting tools and auxiliary accessories, which are connected in a series or in an order, i.e. successively. In contrast to machining systems, the connection between individual components in technological and production systems may be in addition to the connection in series, parallel, combined or mixed, etc.



**Figure 1:** Serial connection of the machining system reliability

Nowadays the studying of reliability of modern technological and machining systems: NC, CNC, DNC, FMS, RCS and so on - both the whole systems and their components - is certainly interesting.

By the application of statistical methods, following the breaking down of components of technological and machining systems in the phase of real exploitation, it is possible to determine the theoretical distribution, which is best for the approximation of experimental data. In the course of this we meet mostly the following theoretical distribution: equal, linear, exponential, hyper-exponential, normal, logarithmic normal, Weibull  $s$ , Rayleigh  $s$ , gamma, Erlang's and Gumball  $s$  or extreme (minimum or maximum) value of type. The choice of theoretical distribution is checked through non parameter tests: Pearson, Romanovski, Kolmogorov, Kolmogorov-Smirnoff and Misses.

The basic indicators of reliability of technological or machining system components, hereby of cutting tools: reliability function or probability of work without failures, i.e. proper function of the system  $R(t)$ ; unreliability function or probability of failure appearance  $F(t)$ ; failure frequency (density) function or frequency of failure appearance  $f(t)$  and failure rate or failure intensity (speed) function or speed of failure appearance  $\lambda(t)$ .

If one of the four mentioned characteristics of reliability is known, the other three may be easily determined. The reliability of technical system components can be characterized by numerical parameters. The most significant of these parameters are the time of work without failures  $T$  for specific probability and the so-called Mean Time of Work without Failures or Mean Time Between Failures (abbr. MTBF or  $T$ ). Here  $T$  is the mean time of work of a functional component between consecutive failures and under specific conditions.

The application of statistical methods on the base of the following technological and machining systems components failure in the phase of a real exploitation can define the theoretical model of reliability in one of the two following ways [6-8, 11]: reliability determination of the technological and machining systems components on the base of previously exactly defined theoretical distribution and reliability determination of the technological and machining systems components on the basis of choice of theoretical distribution, which in the best way approximate experimental data (according to characteristics of theoretical distributions [1, 5, 10-12], on the base of comparative analysis [6-8, 11, 13] and similar).

In this paper reliability of the technological and machining systems components (power system for eccentric press INNOCENTI 1500 and multi-bladed indexable inserts made of multi-coatings hard metal for

turning) is determined on the basis chosen of theoretical distribution, which in the best way approximate experimental data on the base of comparative analysis [6-8, 11, 13] .

For determination of the reliability of power system as the critical component of the eccentric press INNOCENTI 1500 there has been followed its time in the work at the phase of the real exploitation. Sample size has been  $n=34$ . The time of work without failures of power system for eccentric press INNOCENTI 1500  $t$  has been measured in h and has run from 51 h to 660 h . The results of the failures observation of power system for eccentric press INNOCENTI 1500  $t$  are grouped in six equal intervals of so-called group intervals, as it is done in table [1, 13] .

On the base of comparative analysis [6-8, 11] of the theoretical distribution: exponential, hyper-exponential and Weibull s distribution for grouped experimental data the chosen one is exponential distribution, and its reliability functions is as follows [13] :

$$R(t) = e^{-0,0054 t} \tag{1}$$

The graphic presentation of basic theoretical indicators of exponential model of reliability of power system for eccentric press INNOCENTI 1500 is shown in figure 2.

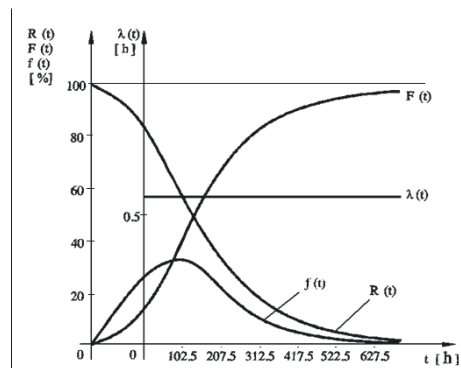


Figure 2: Graphic review of basic theoretical indicators of exponential model of reliability of power system for eccentric press INNOCENTI 1500

For determination of the reliability of cutting tools made of multi-coating hard metal as the critical component of the CNC lathe MD10S there has been followed its time in the work at the operations turning (the reach of external contour turning). The materials of the machined part has been steel C.5421 (according to JUS standard) or 18CrNi6 (according to DIN standard) or 20NC6 (according to AFNOR standard), heated to good machinability. The cutting tool for turning has been a indexable inserts made of hard metal: the tool holder PDJNL 3225P 15 and the indexable inserts DNMG 150612 PGP015 from the firm PP-Corun with the nose radius  $r=1.2$  mm . The element of cutting regime were: cutting depth  $a=0.5$  mm , number of passes  $i=1$ , cutting speed  $v=260$  m/min and feed  $s=0.2$  mm/rev , where the main machining time is  $t_m=0.35$  min . The machining has been realized with a coolant and lubricant 9 . Sample size has been  $n=30$ . The time of work without failures of cutting tools made of multi-coating hard metal  $t$  has been measured in min and has run from 13,3 min to 19,25 min . The results of the failures observation of cutting tools made of multi-coating hard metal are grouped in six equal intervals of so-called group intervals, as it is in [6, 9-10] .

On the base of comparative analysis [6-8, 11] of the theoretical distribution: normal, logarithmic normal, Weibull s and Gumball s distribution for grouped experimental data the chosen one is Weibull s distribution, and its reliability functions is as follows [6, 9-10] :

$$R(t) = e^{-(t/16,4777)^{12,6202}} \tag{2}$$

The graphic presentation of basic theoretical indicators of Weibull s model of reliability of multi-bladed indexable inserts made of multi-coatings hard metal for finished turning of steel 18CrNi6 is shown in figure 3.

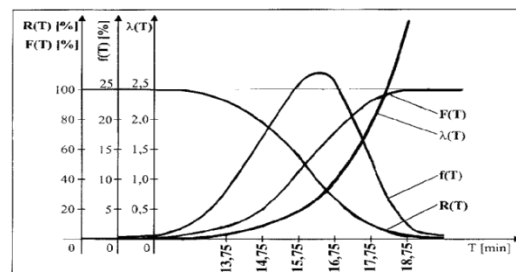


Figure 3: Graphic review of basic theoretical indicators of Weibull's model of reliability of multi-bladed indexable inserts made of multi-coatings hard metal for turning of steel 18CrNi6

## CONCLUSIONS

The reviewed methodology of the function reliability determination of the technological and machining systems components on the basis of the comparative analysis of the different theoretical distribution is general character and can be applied to the reliability analysis of both different components and complex systems.

Theoretical exponential model reliability represents the experimental data very well during from the example no. 1 the observation of work without failure of power system for eccentric press INNOCENTI 1500.

Theoretical Weibull's model reliability represents the experimental data very well during from the example no. 2 the observation of work without failure of multi-bladed indexable inserts made of multi-coatings hard metal for turning.

## REFERENCES

1. BASU A. P.: *Reliability and quality control*, Elsevier science Publishers B. A., Amsterdam – New York – Oxford, 1986.
2. *BS 5760: Reliability of systems equipment s and components*, BSI, London, 1981.
3. DHILLON B. S.: *Quality control, Reliability and engineering design*, Marcel Decker, New York – Basel, 1985.
4. HITOMI K., NAKAMURA N., INOUE S.: *Reliability analysis of cutting tools*, Discussion on this paper will be accepted at ASME Headquarters until, January 10, 1979., p. 1-6
5. DASIC P.: *Algorithm Approach to Determination of Reliability of Construction Machinery Components*, International Conference on Engineering Design - ICED'90 (Proceedings Volume 3 p. 1433-1440), Dubrovnik, 28 - 30. august 1990.
6. DASIC P.: *Comparison analysis of different functions of failure distribution of cutting tool of hard metal for turning*, Journal OMO, Belgrade, Vol. XXVIII (1999) No 4-5, p. 170-177
7. DASIC P.: *Determination of reliability of ceramic cutting tools on the basis of comparative analysis of different functions distribution*, International Journal of Quality & Reliability Management, MCB University Press, Bradford, Vol. 18 (2001) (in printed)
8. DASIC P.: *Determination of reliability of technical system components on the basic of comparative analysis of different functions distribution*, Conference on Mechanical Engineering Design - IRMES'2000 (Proceedings p. 371-376), Kotor, Montenegro, 14 - 15. September 2000.
9. DASIC P.: *Examples of analysis of different functions of cutting tool failure distribution*, Journal of Tribology in industry, Kragujevac, Vol. XXI (1999) No. 2, p. 59-67
10. DASIC P.: *Research of harder materials for finished turning by means of ceramic cutting tools*, Monograph, (in preparation)
11. DASIC P., PAPIĆ LJ.: *Reliability of Cutting Tools on the Basic of the Choice of the Best Distribution*, The Xth International Conference on Production Research - ICPR'89 (Proceedings p. 116-117), Nottingham, United Kingdom, 14th to 18th august 1989.
12. VESELINOVIC S., DASIC P., POPOVIC P., DURIC S.: *Reliability analysis of eccentric press power system INN 1500 in phase of real exploitation*, 26<sup>th</sup> JUPITER Conference with international participation, 22<sup>th</sup> Symposium of NC-ROBOTS-FMS (Proceedings p. 3.157-3.162), Belgrade, 8. to 11. February 2000.
13. YOSHIKAWA H.: *Fundamentals of Mechanical Reliability and its Application to Computer Aided Machine Design*, CIRP Ann. 24/1 (1975)

**Domenico Guida** (*Department of Industrial Engineering, University of Salerno, Italy*)

## **DEVELOPMENT OF SIMULATION OF UNMANNED TRANSPORT SYSTEMS**

*The work proved that the hierarchical classification made it possible to simplify all the inventoried landslide objects into objects of the anti-slide complex and into one object of the landslide system. The objects of the landslide complex originate from the spatial overlap of landslides of the same type, and its definition also includes the concept of temporal repetition of the phenomenon within one geomorphological unit.*

This work is focused on the study of recurrent debris flow events on the north-facing mountain slope of the Bulgheria massif (Cilento Unesco Geopark, southern Italy). These phenomena pose a threat for at least two villages and infrastructures on the lower slope. The main morpho-structure of the mountain slope is strongly controlled by the tectonic overlapping in form of multiple thrust-folding of the Meso-Cenozoic limestone related to the inner margin of the Apennine Carbonate Platform over lower-middle Miocene marly-clay flysch and previously overthrust basal units ranging from upper Oligocene to lower Miocene. Therefore, the mountain slope is sculpted by erosional deep incised ravines and sub-structural interfluvial cliffed slopes passing downslope to depositional piedmont by evident and abrupt knick-point. Channels along the slope are periodically filled both through rock fall deposits occurring on channel's flanks and by soil creep and sheet wash phenomena at channel's heads, which supply new material for future flows. Such relationship between infilling rock fall phenomena and debris flows represents an interesting case study of interaction among different and concurrent landslide types providing an optimal example of space-time evolving landslide system. Landslide classes have been stored and mapped using a previously proposed object-oriented and event-based model and producing in this way a multi-temporal database. Landslide objects have been grouped into landslide subclasses using the latest landslide classification available. In the next step, a hierarchical classification has been applied, introducing two levels of aggregation and one level of decomposition. Landslide complexes group landslide objects of the same class sharing spatial connection, defining rock fall complex objects and granular soil wet flow complex objects. Landslide systems group all the interacting landslides, regardless of their type. Landslide components describe the various portions of a single landslide object. Every stored object has its temporal attributes distinguishing between time points (events) and time intervals (time frames). The integration of complex spatial relations through topological analysis and temporal characterization of data allows to build a flexible database structure adaptable to several specific needs and different outputs, such as basic landslide maps or event maps, multi-temporal and frequency analyses, or the study of the interactions among different types of landslide hazards. In this framework, a neologism could be introduced in landslide studies, as landslide eventory mapping, as a challenge for future applications.

In the field of geohazards, debris flow phenomena are one of the most dangerous landslide types, posing major threats to human lives and their related settlements, infrastructures, and activities (Bovis & Jacob, 1999; Perov *et alii*, 2017; Naidu *et alii*, 2018; Cascini *et alii*, 2019; Kean *et alii*, 2019). Producing a data structure and mapping capable of storing temporal occurrence and recurrence of debris flows and their spatial relations with other landslide types could be a useful tool to better improve landslide hazard assessment and mitigation at different scales.

Recently, a landslide object-oriented method (LOOM) has been proposed by the authors (Valiante *et alii*, 2021) in order to tentatively overcome a few limitations in the traditional landslide data model procedures. Please refer to this work for a more in-depth examination of the comparative analysis of existing methodologies.

In fact, the aim of this paper is to describe how we can manage dataset from recorded or surveyed recurrent landsliding events occurred along two steep ravines on the northern slope and piedmont of the Bulgheria Massif, uphill of the Celle di Bulgheria village (Campania region, Italy): the Moio and Valle Noce channels (Fig. 1). Along these channels several landsliding phenomena occurred in the last centuries, such as concurrent and delayed rock falls, debris flows, and shallow soil slips at channel heads, as reported in an un-published report by one of the authors (Guida, 2019), who was in charge to propose a design for risk mitigation. Historically recorded and observed phenomena have been inventoried using a hierarchical object-oriented approach, taking into account geological, geomorphic and climatic constraints, as illustrated in the following sections.

The Bulgheria carbonatic massif is built up by a platform margin stratigraphic succession ranging from upper Trias to Miocene called Mt. Bulgheria tectonic sub-unit (D'Argenio *et alii*, 1973; Graziano *et alii*, 2016). Along the northern front of the Bulgheria Massif the younger formations of the tectonic unit crop out, and they are mainly composed of stratified calcarenites and calcutites, oolitic calcarenites and bioclastic calcrudites. The youngest formation of Mt. Bulgheria tectonic sub-unit cropping out in the study area is a marly-calcareous and clayey flysch. Previous formations tectonically overlap terrigenous formations belonging to the so-called Internal Units (Bonardi *et alii*, 1988; Cammarosano *et alii*, 2004). From a structural perspective, the Bulgheria Massif is made up by an asymmetrical overturned fold and a complex overlapping structure which includes reverse faults and fault propagation folds, overlapping the carbonatic succession over the terrigenous flysch deposits (Guida *et alii*, 1989). At the foot of the entire mountain front, extensive coarse deposits can be found as partially cemented calcareous breccias or loose debris.

The northern hillslope of the Bulgheria Massif has experienced an initial evolution following a slope replacement model, exploiting structural features such as bedding and fault planes (Guida *et alii*, 1989). Such evolution produced the actual morphology characterized by steep rocky cliffs on the upper section of the relief, and a less sloping lower section produced by the accumulation of detrital materials. Along the main ridge, longitudinal valleys can be found as hollows, often filled with pyroclastic and residual soils. All of the mountain front is nowadays carved by straight channels having different incision rate, producing a series of debris fans at the footslope, such as the Moio and Valle Noce channels, on which this study is focused.

In this study, a hierarchical object-oriented data model for landslides has been applied for the study of recurring debris flow events. Such model aims at preserving spatiotemporal relations between landslide objects for an optimal inventorying and representation of complex superimpositions of landslide events.

The application has been carried out along two channels on the northern front of the Bulgheria Massif (southern Italy). The hierarchical classification allowed to simplify all of the inventoried landslide objects into landslide complex objects and into one landslide system object. Landslide complex objects derive from the spatial overlap of landslides having the same type and its definition also enclose the concept of temporal repetition of a phenomenon within the same geomorphological unit. On the other hand, the definition of a landslide system, defined as the spatiotemporal overlap of landslides of any type, can be considered a synthesis of the gravitational history of a hillslope. Along the Moio and Valle Noce channels a cyclic type of activity has been highlighted, showing how those channels experience “refilling” periods, thanks to creep-like phenomena in the channel heads and to rock fall episodes in the middle section; those inactive phases are then interrupted by debris flow occurrences, which produce the channel discharge. In this framework, being the data structure event-based, a landslide database built following the LOOM data structure, could be defined as *landslide eventers* rather than landslide.

**Ryszard Tadeusiewicz** (AGH University of Science and Technology, Krakow Poland)

## **SIECI NEURONOWE JAKO NOWE NARZĘDZIE AUTOMATYKI I INFORMATYKI**

*The work proves that neural networks can be a very useful tool for solving many scientific and practical problems related to the creation of search databases. After looking at the examples discussed above, we can assure you that despite their indisputable utility, neural networks are used to solve search problems.*

Neural networks are currently widely used as a tool for intelligent computations. Because of these applications, neural networks (NN) are now known and used also by the people who are definitely not interested in neurocybernetics, and consider NN only as a computational tool for solving practical problems. For people who are not familiar with neural networks yet, but are planning their use in future, the book (Tadeusiewicz et al., 2014) can be recommended as a very friendly introduction with numerous practical exercises which can be performed by the reader on his own laptop using the many free programs attached to the book.

For people at least a little familiar with neural networks, a useful aid in reading this article should be the schema of a typical application of an NN presented in Fig. 1 in the most simplified and condensed form.

The most important element is the **knowledge** collected in the neural network in the form of values of parameter tuning during the learning process. Thanks to this learning methodology used for neural network adaptation to solving particular practical problems, an NN can be used in many applications, even those for which the neural network user himself cannot propose (or even imagine!) a method of problem solving.

The neural network has – as usual – a lot of input data representing the problem being solved, and one output. Very often such a schema is enough, but sometimes the problem under consideration needs more outputs. In such cases, networks with many outputs can be used, but a more recommended approach is to use some separate networks with the same inputs and a single output value from every network.

For every well-defined problem, the number of input data and the number of desired output results are predetermined. The user of a neural network must select in fact one parameter only: the number of hidden neurons. In a typical situation, this selection is accomplished using a simple empirical method: the researcher builds some bigger and smaller networks and tests their efficiency, selecting for permanent use the best one. Sometimes special programs can be helpful, which recommend the neural network structure by generating many networks with different structures and finding automatically the best one inputs and a single output value from every network.

For every well-defined problem, the number of input data items and the number of desired output results are predetermined. The user of a neural network must select in fact one parameter only: the number of hidden neurons. In a typical situation, this selection is accomplished using a simple empirical method: the researcher builds some bigger and smaller networks and tests their efficiency, selecting for permanent use the best one. Sometimes special programs can be helpful, which recommend the neural network structure by generating many networks with different structures and finding automatically the best one.

To answer this question, we introduce a kind of general classification of problems solved by means of computers. The problem complexity level is represented by the abscissa coordinate. This axis is not scaled, because the exact measure of problem complexity can be a non-trivial problem in itself. However, there are surely easier problems (located in left part of the proposed coordinate system) and more complicated ones (located in its right part). The ordinate is connected with a more strange property of the problems being solved. This is the lack of prior knowledge about the rules

governing the problem under consideration. The lower part of the presented coordinate system is the location of problems, for which all rules are known. We know how the problem is formulated, and we can describe the precise method of its solving. The upper part is the location of problems, for which we cannot obtain any rules or any methods of problem solving. An example can be the forecasting problem. We believe that the future is determined by the present situation and the past – but nobody can give an exact formula for calculating this determined future.

The left lower corner of the coordinate system shown in this figure belongs to easy problems, with limited complexity and full information about the methods that can be used for their solving. For such problems, exact hand-made algorithms can be used.

The central part of the chart is reserved for problems whose complexity is moderate and for which we do not have exact information about the exact rules governing the given problem, but we can use statistical methods or apply expert systems.

The last part of the chart belongs to really difficult problems with total lack of information about rules governing the problem. And the optimal methods for solving these problems are neural networks.

This result can be achieved, because neural networks (NN) are very effective modelling tools. Instead of searching for an algorithmic or statistical solution to the considered problem – we can build an NN **model**, train it using example data, and then use it for solving the said problem.

This approach can be used both for regression problems, when one or more variables (which we need) are dependent on several independent variables (which we know). Such an approach can be also used for solving classification problems, when one or more decisions (which we need) depends on several independent variables (which we know). All these results can be achieved because NN is a tool capable of modelling extremely complex functions. In particular, NNs can be non-linear, and the nonlinearity of NN models can be of an arbitrary form. Traditional methods for fitting nonlinear models suffer from the need to give an a priori, explicit definition of the form of model's non-linearity (e.g. polynomial, harmonic, exponential or logistic function), and the approximation methods can only fit the optimal parameters to the function form given by the user. On the other hand, NNs can model an arbitrary form of non-linearity during the learning process. Moreover, the optimal form of non-linearity is developed by an automatic machine learning process, without any interaction from the user. Neural networks also control the dimensionality problem, which hampers attempts to model non-linear functions with large numbers of variables. As a result, NNs are able to find an optimal set of variables, and attribute them with the proper parameters.

These properties of NNs make them an ideal tool for many purposes. In this paper we try to compile a survey of NNs applications in mining sciences. We hope it will be useful for many researchers and practitioners who are searching for solutions to numerous problems related to mining sciences.

Another neural network application related to hydrocarbon reservoirs was described in the paper (Morshedi et al., 2014). A neural network was used there for modeling the increase in oil recovery caused by bacteria injection into an oil reservoir. The input data for the network were the reservoir temperature and the amount of water injected into the reservoir for enhancing oil recovery. Comparing experimental and simulation results, the authors showed that the neural networks had modeled this system properly, and that they could develop a proper model for the oil recovery factor in various conditions. A similar problem of neural network use for predictive modeling of chemical flooding in petroleum reservoirs was considered in the paper (Ahmadi, 2015). The considered problem is important both from the economical (net present value, NPV) and the technical point of view (recovery factor, RF). Thus, the proposed neural network model can be considered an effective tool for predicting the efficiency of chemical flooding in an oil reservoir when the required experimental data are not available or accessible.

A study demonstrating a great potential for the application of neural networks in petroleum reservoir characterization was also given in the paper (Jiuyong Li, 2013). The performance of the

neural network model was evaluated using standard decision rules, and compared with those of a neural networks ensemble with the conventional Bootstrap Aggregation method and Random Forest. The results showed that the neural method outperformed the others with the highest correlation coefficient and the least errors. The achieved results were very good.

Moreover, general properties of oil and gas formation and behavior can be also predicted by neural network models. For example, the paper (Ghavipour et al., 2013) discussed an application of a neural network for hydrate formation prediction. In order to achieve an appropriate understanding of the gas hydrate behavior during formation and destabilization, series of laboratory experiments with six different gas mixtures were carried out, and more than 130 hydrate equilibrium points in the pressure range of about 450-3000 psia were recorded. Various methods of hydrate formation prediction were discussed, and finally the neural networks method was used. Authors ensure that the neural network method is a reliable technique for accurate prediction of hydrate formation conditions for generalized gas systems, and can be used in future automatic inhibitor dosing devices.

### Conclusion

The selected papers presented above show that neural networks can be a very useful tool for solving many scientific and practical problems related to the mining industry. After searching for the examples discussed above we can assure that, despite their indisputable usefulness, neural networks are applied to mining problems only rarely. Taking into account the contents of databases with information about various applications of neural networks, we can roughly estimate that about 30% papers are related to pattern recognition, 20% are connected to signal and image processing, also 20% – to various engineering problems (excluding the problems related to mining engineering, counted separately), 20% papers serve medicine, biology and agriculture, and about 10% are dedicated to economic (financial) forecasting. In the above count, papers related to mining applications of neural networks can be estimated to account for 0.1% or less.

On the other hand, we can also estimate that among the papers discussing various scientific and practical problems related to the mining industry, less than 0.1% are papers where artificial neural networks are used.



**Jeanette Hellgren Koteleski** (*Science for Life Laboratory, School of Electrical Engineering and Computer, Science, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden*)

## HYPOTHESES OF NEURAL NETWORK MODELING

*The paper demonstrates that discovery and accessibility principles for models and modeling workflows require databases and repositories where models, software, and associated data can be stored, as well as the use of persistent unique identifiers and metadata. When it comes to model interoperability, we focus on the ability to run the same model using different modeling platforms and model analysis tools. However, we also discuss interactions between neighboring scales, such as when the output of a higher-resolution model is used as input to a coarser-resolution model. In terms of reusability, our main focus is to enable different laboratories to reuse and efficiently rebuild each other's models, while acknowledging the origin of the model and the data used to constrain and validate the model.*

Modeling in neuroscience arises at the intersection of different perspectives and approaches. Typically, hypothesis-driven modeling focuses questions to create a model to investigate a specific hypothesis about how a system works or why certain phenomena are observed. Data-driven modeling, on the other hand, takes a more unbiased approach where model building is based on computationally intensive use of data. At the same time, researchers use models at different biological scales and at different levels of abstraction. Combining these models while validating them against experimental data improves understanding of the multiscale brain. However, the lack of interoperability, transparency, and reusability of both the models and the workflows used to build them creates barriers to integrating models that represent different biological scales and are built using different modeling philosophies. We argue that the same imperatives that guide data resources and policies, such as the principles of FAIR (searchable, accessible, compatible, reusable), also support the integration of different modeling approaches. The FAIR principles require that data be provided in formats that are searchable, accessible, interoperable and reusable. Applying these principles to models and modeling workflows, and the data used to constrain and validate them, would allow researchers to find, reuse, question, verify, and extend published models, whether implemented phenomenologically or mechanistically. as multiple equations or as a multiscale hierarchical system. To illustrate these ideas, we use a classic model of synaptic plasticity, the Bienenstock–Cooper–Munro rule, as an example because of its long history, different levels of abstraction, and implementation at many scales.

Dynamic models are an essential analogue of experiments in trying to understand the brain, and today there is a large ecosystem of model types and approaches. For example, hypothesis-driven modeling typically focuses questions to create a model to investigate a specific hypothesis about how the brain works. Data-driven modeling, on the other hand, often takes a more unbiased approach where model building is based on computationally intensive use of data. Although hypothesis-driven and data-driven modeling approaches are not mutually exclusive, a large number of modeling formalisms, modeling platforms, and data formats have fragmented the neuroscience modeling community, especially when modeling at different biological scales or levels of abstraction. This diversity is useful: most models and modeling tools have a clear and specific role, but at the same time combining these approaches in a mutually compatible way would have a huge impact on our understanding of the brain. FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable) principles (Wilkinson et al., 2016) have been widely discussed and applied to data management (Wittig et al., 2017) and more recently to computational workflows (Goble et al., 2020). . We hypothesize that these principles will also be useful for models and simulation workflows in the neurosciences. In this review, we examine the different steps in the general modeling workflow and consider different alternatives for model building, refinement, analysis, and use. For each step, we

consider how FAIR principles can be applied to different aspects of the modeling process. We focus on models at the intracellular or cellular level, where the field of computational neuroscience meets systems biology modeling, with an emphasis on models of brain plasticity and learning. However, the methodology and concepts discussed can also be applied to other biological systems and scales (see, e.g., Einevoll et al., 2019).

Model development begins with the collection of information that forms the basis of the modeling study, such as relevant experimental literature, published models, and additional experimental data.

Different types of models can be useful, but their value is greatly increased if they can be integrated to understand the same experimental data and phenomena at different scales or at different levels of abstraction. For example, an abstract model of reward prediction can be given details through multicomponent simulations, allowing direct comparison of this new form with experimental data. The experimentally validated model can then be used to design new experiments or predict effective therapeutic interventions. For all types of models, it is also important to support new tools for model validation and refinement, including methods for efficient parameter estimation, global sensitivity analysis, uncertainty quantification, and other data science approaches (Alber et al., 2019). This is important not only for increasing accuracy and reproducibility of model development, but also for efficient incorporation of new data. FAIR's modeling infrastructure, which includes both models, data and software, is essential for establishing synergies between modeling approaches and for improving and validating models.

Searchability and accessibility principles for models and modeling workflows require databases and repositories where models, software, and associated data can be stored, and the use of persistent unique identifiers and metadata. When it comes to model interoperability, our main focus is on being able to run the same model using different modeling platforms and model analysis tools. However, we also discuss interactions between neighboring scales, such as when the output of a higher-resolution model is used as input to a coarser-resolution model. Regarding reusability, our main focus is to enable different laboratories to reuse and efficiently rebuild each other's models, while acknowledging the origin of the model and the data used to constrain and validate the model.

Reusability is related to the issue of research reproducibility, which is discussed in many scientific fields. In a recent study (Tiwari et al., 2021), the authors attempted to reproduce over 400 kinetic models of biological processes published in peer-reviewed research articles in conjunction with the curation process in BioModels (Chelliah et al., 2015) repository, and they found that only about half of the models were directly reproducible. They note that there is a difference between reproduction stability and repeatability. Basically, the simulation process is repeatable if someone else can run the same code and get the same results. On the other hand, reproducibility requires that another researcher, starting with the same information but with a different implementation, achieves the same result. Thus, reproducibility provides a stronger check on the quality of computational science results. There are other interpretations of these terms, as discussed in a recent study (Plesser, 2017), but here we follow the terminology described above.

A tightly integrated ecosystem of databases, software, and standardized formats is needed to further develop FAIR-compliant modeling workflow capabilities.

In summary, the history of models implementing the BCM rule shows a clear progression from abstract, qualitative, and FAIR formulations to more mechanistic, quantitative, and FAIR formulations of the same conceptual model using data-driven parameterization. This development is a natural consequence of the accumulation of experimental data and the birth of the concepts of the FAIR principles.

**Рамазанов С.К., Макаренко М.Б., Вовчак А.В.** (Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана, Україна)

## **ВИКОРИСТАННЯ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ПОШУКУ МЕДИЧНИХ ДАНИХ**

*Використання штучного інтелекту в медицині має безліч варіантів: це портативні пристрої контролю показників здоров'я, засоби оптимізації процесу діагностики, програми для автоматизації документообігу, підвищення ефективності лікування і т.д. Але слід визнати, що у питанні лікарських рішень та спілкування з пацієнтом машина ніколи не зможе замінити високопрофесійного фахівця. На даний момент немає жодних сумнівів, що ШІ стає основною частиною цифрових систем охорони здоров'я, які формують і підтримують сучасну медицину світі та в Україні.*

*The use of artificial intelligence in medicine has many options: these are portable devices for monitoring health indicators, tools for optimizing the diagnostic process, programs for automating document processing, increasing the effectiveness of treatment, etc. But it must be recognized that in the matter of medical decisions and communication with the patient, the machine will never be able to replace a highly professional specialist. At the moment, there is no doubt that AI is becoming the main part of digital healthcare systems that shape and support modern medicine in the world and in Ukraine.*

Штучний інтелект у медицині — це використання моделей машинного навчання для пошуку медичних даних та отримання інформації, яка допоможе покращити стан здоров'я та досвід збереження здоров'я пацієнтів. Завдяки останнім досягненням комп'ютерних наук та інформатики штучний інтелект (далі – ШІ) швидко стає невід'ємною частиною сучасної охорони здоров'я у світі. Алгоритми штучного інтелекту та інші додатки на основі ШІ використовуються для підтримки медичних працівників у клінічних умовах та для реалізації поточних досліджень. На сьогодні найпоширенішими ролями ШІ в медичних установах є підтримка клінічних рішень та аналіз зображень. У медичній візуалізації інструменти штучного інтелекту використовуються для аналізу комп'ютерної томографії, рентгенівських променів, МРТ та інших зображень на наявність уражень або інших висновків, які рентгенолог може пропустити.

Розглянемо міжнародний досвід застосування штучного інтелекту в галузі медицини. Згідно з даними, наведеними у статті Джованні Бріганті [1], застосований до електронних записів про стан здоров'я пацієнтів штучний інтелект використовується для прогнозування ризику серцево-судинних захворювань, наприклад, гострого коронарного синдрому та серцевої недостатності, раннього виявлення фібриляції передсердь. Дистанційний моніторинг ЕКГ за допомогою Kardia у амбулаторних пацієнтів з більшою ймовірністю визначає фібриляцію передсердь, ніж звичайне лікування. Apple також отримала схвалення FDA для свого Apple Watch, який дозволяє легко отримувати ЕКГ і виявляти фібриляцію передсердь, якими можна поділитися з вибраним лікарем через смартфон. У роботі автор розглядає два останніх застосування точних і клінічно значущих алгоритмів, які можуть принести користь як пацієнтам, так і лікарям, полегшуючи діагностику хвороб. Перший з цих алгоритмів є одним із багатьох існуючих прикладів алгоритму, який допомагає лікарям у завданнях класифікації зображень: дослідники Сеульського національного університету розробили алгоритм ШІ під назвою DLAD (англ. Deep Learning based Automatic Detection), щоб аналізувати рентгенограми грудної клітки та виявляти аномальний ріст клітин, наприклад потенційний рак. Другий з цих алгоритмів надходить від дослідників з Google AI Healthcare, які створили алгоритм навчання LYNA (англ. Lymph Node Assistant), який аналізує гістологічні слайди забарвлених зразків тканини для виявлення метастатичних пухлин молочної залози з біопсії лімфатичного вузла. LYNA на 99% точно класифікує зразок

як раковий або нераковий та вдвічі скорочує середній час перегляду слайдів тканин. 273 У дослідженнях Берталана Меско зазначається, що алгоритми ШІ можуть додатково допомогти у прийнятті рішень для підвищення точності діагнозів. Наприклад, за допомогою ШІ радіологи підвищують точність виявлення раку за допомогою радіологічного сканування. IBM Watson запустила свою спеціальну програму для онкологів, надаючи клініцистам обґрунтовані варіанти лікування. Watson for Oncology має розширені можливості аналізувати значення та контекст структурованих і неструктурованих даних у клінічних нотатках та звітах, які можуть мати вирішальне значення для вибору методу лікування для конкретного пацієнта [3]. Сучасні дослідження підтверджують, що штучний інтелект має потенціал надавати пацієнтам персоналізовані рекомендації в режимі реального часу цілодобово. Компанія Babylon Health, що базується у Великобританії, створила дистанційну консультативну службу, орієнтовану на пацієнта. Розробка вже працює в Руанді, а також у Великобританії, пропонуючи медичні AI-консультації на основі особистої історії хвороби та загальних та спеціалізованих медичних знаннях. Користувачі повідомляють про симптоми своєї хвороби в програму, яка перевіряє їх у базі даних хвороб за допомогою розпізнавання мовлення. Беручи до уваги історію та обставини пацієнта, Babylon пропонує відповідний курс дій. Дистанційні консультації набрали обертів у зв'язку із пандемією, і вони залишаться з нами у майбутньому.

Науковці відзначають, що найновішим застосуванням ШІ в глобальній охороні здоров'я є прогнозування нових гарячих точок чого спалаху хвороб за допомогою відстеження контактів і даних про мандрівників для боротьби з пандемією нового коронавірусу (COVID-19). Відстеження контактів – це захід боротьби з хворобою, який використовується державними органами для обмеження поширення хвороби. Відстеження контактів здійснюється шляхом зв'язку та інформування осіб, які зазнали контакту з людиною, яка заразилася, та інструктування їх про карантин, щоб запобігти подальшому 274 поширенню хвороби. Як повідомляє Apple Newsroom, технічні гіганти, такі як Google і Apple, об'єднали зусилля, щоб створити платформу відстеження контактів, яка використовуватиме системи ШІ за допомогою інтерфейсів програмування прикладних програм. Служби локації дозволяють платформі зв'язуватися з людьми, які могли перебувати поблизу інфікованої людини. Канадська компанія BlueDot створює програмне забезпечення для аналізу ризику спалаху інфекційних захворювань. BlueDot опублікувала першу наукову статтю про COVID-19, яка точно передбачила глобальне поширення вірусу. Компанія використовує такі методи, як обробка природної мови (англ. NLP), машинне навчання (англ. ML), а також автоматизований нагляд за інфекційними захворюваннями, щодня аналізуючи приблизно 100 000 кейсів з більш ніж 65 країн, інформацію про маршрути польотів, клімат, температуру та навіть місцеву худобу, щоб допомогти передбачити майбутні спалахи інфекційних захворювань.

Використання телемедицини базується на удосконаленні контактів між лікарем та пацієнтом задля полегшення отримання медичних консультацій за допомогою взаємодії комп'ютерних та телекомунікаційних технологій з людиною для суттєвого зменшення затрат часу при наданні медичної допомоги. За даними Українського інституту майбутнього [6] в Україні телемедичні проекти впроваджують Vodafone Україна, Liki24, Bookimed, MeViCS, Yod.ua, FORCE, Doc.ua, Eliky, Helsi та CancerLog.

Розглянемо зазначені раніше проекти детальніше. Vodafone Україна спільно з Інститутом ім. Н.М. Амосова розробляють платформу телемедицини, яка включає портал MedBrama та мобільний додаток «Пошук лікаря». Запропоновані розробки є персональними електронними помічниками лікаря для автоматизації процесу проведення консультування з пацієнтами на різних етапах: реабілітації або лікування в домашніх умовах. Мобільний додаток «Пошук лікаря» є дієвим для пацієнтів у процесі запису на прийом до лікаря та ведення персональної медичної картки. 275 IT-платформа від Liki24 класифікує більше 40

тисяч найменувань лікарських засобів та дає можливість порівняти асортимент та ціни на медикаменти, перевірити їх наявність у аптеках вказаного регіону та перевірити можливість їх доставки за вказаною адресою.

Використання міжнародної платформи Bookimed забезпечує пацієнтам доступ до необхідних медичних рішень, надає допомогу та підтримку на кожному етапі лікування пацієнта. Запропонований гаджет від MeViCS допомагає сформувати правильну осанку задля уникнення захворювань хребта. Гаджет необхідно закріпити на одязі за допомогою магніта з метою слідкування за положенням спини користувача. Якщо людина сутулиться – гаджет вібрує і сигналізує про необхідність виправлення положення пацієнта. Yod.ua – інтернет-платформа, що дозволяє користувачам купувати ліки за зниженою ціною, в тому числі з доставкою додому. Стартап працює з багатьма аптеками та аптечними мережами по всій території України. FORCE розробила смарт-браслет для літніх людей, який має датчик серцевого ритму, датчик реєстрації кров'яного потоку, датчик електродермальної активності шкіри, датчик падіння та систему нагадування прийому лікарських засобів. Також браслет має кнопку екстреного виклику, яка після натискання надсилає повідомлення з GPS-координатами. Розроблена платформа CancerLog створено для онкохворих та онкологів для відстеження поліпшення стану пацієнтів. Завдяки платформі пацієнт має можливість вносити інформацію про щоденні симптоми задля подальшого аналізу фахівцями-лікарями з метою відслідковування реального стану організму та виконувати вчасну та необхідну діагностику пацієнтів. Onco.stop – проект, що поєднує можливість діагностики кількох спеціалістів з різних куточків світу для допомоги формування дорожньої карти онкопацієнта та використання телемедицини протягом реабілітаційного періоду. 276 Відповідно до проаналізованих робіт науковців, слід зазначити, що можливості ШІ приносять користь клініцистам, дослідникам і пацієнтам, яких вони обслуговують, постійно зростають.

Перспективи використання штучного інтелекту в медицині практично безмежні: це портативні пристрої контролю показників здоров'я, засоби оптимізації процесу діагностики, програми для автоматизації документообігу, підвищення ефективності лікування і т.д. Але слід визнати, що у питанні лікарських рішень та спілкування з пацієнтом машина ніколи не зможе замінити високопрофесійного фахівця. На даний момент немає жодних сумнівів, що ШІ стає основною частиною цифрових систем охорони здоров'я, які формують і підтримують сучасну медицину світу та в Україні.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. *Giovanni Briganti, Olivier Le Moine (2020, Лютий 5) Artificial Intelligence in Medicine: Today and Tomorrow – Access mode: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmed.2020.00027/full#B19>*
2. *Bertalan Mesko (2021, Вересень 8) Artificial Intelligence In Healthcare: 10 Medical Fields A.I. Will Change Completely – Access mode: <https://medicalfuturist.com/artificial-intelligence-will-redesign-healthcare>*
3. *Український інститут майбутнього (2019, Грудень 9) Як світові цифрові тренди в медицині впливають на медицину України – Access mode: <https://uifuture.org/publications/25217-medicine/>*

**Бодяньський Є.В., Костюк С.О.** (Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна)

## ПРОЦЕДУРА ДВОКРОКОВОГО ОНОВЛЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ШТУЧНИХ НЕЙРОНІВ З АДАПТИВНИМИ АКТИВАЦІЙНИМИ ФУНКЦІЯМИ

*Запропоновано нову процедуру налаштування параметрів штучних нейронів з адаптивними активаційними функціями – процедура двокрокового оновлення параметрів (2SPU procedure). Процедура 2SPU передбачає оновлення параметрів окремих нейронів у два етапи: 1) оновлення параметрів адаптивних активаційних функцій; 2) оновлення значень синаптичних ваг нейрона з урахуванням уточненого значення похибки. У роботі пропонуються та досліджуються різні варіанти імплементації процедури 2SPU. Ефективність варіантів 2SPU порівнюється з традиційними підходами в навчанні штучних нейронних мереж та їх нейронів. У порівнянні з традиційними процедурами, 2SPU враховує особливості адаптивних активаційних функцій, а також дозволяє досягти кращих результатів навчання мережі за меншу або еквівалентну кількість епох. Ключові слова: адаптивна активаційна функція, двокрокове оновлення параметрів, штучна нейронна мережа, процедура навчання нейронної мережі.*

*The new parameter tuning procedure for artificial neurons with adaptive activation functions is proposed – the 2-step parameter update (2SPU) procedure. The 2SPU procedure performs the parameter update in two discrete steps: 1) updating the adaptive activation function parameters; 2) updating the synaptic weights based on the refined error value. This work proposes and studies different variants of the 2SPU procedure implementation. The effectiveness of the variants is compared to the effectiveness of traditional approaches in training of artificial neural networks. Comparing to the traditional procedures, the 2SPU procedure takes into account the features of adaptive activation functions and allows to achieve better training results with the lower or equivalent number of training epochs. Keywords: adaptive activation function, two-step parameter update, artificial neural network, the neural network training procedure.*

### Вступ.

Сьогодні штучні нейронні мережі (artificial neural networks, ANNs) є популярним засобом машинної обробки даних [1]. Вони використовуються для класифікації зображень [2], перекладу текстових фрагментів [3], перетворення послідовностей даних [4], генерації музики [5] та навіть картин з текстових запитів [6].

В залежності від сфери застосування, штучні нейронні мережі відрізняються по своїй архітектурі та будуються з різноманітних структурних блоків. Рекурентні мережі використовуються для обробки послідовностей, згорткові – для класифікації та обробки зображень, тощо. Однак поширеною стратегією підвищення апроксимуючих можливостей реалізацій штучних нейронних мереж є збільшення кількості шарів та налаштованих параметрів [7].

Одним з альтернативних рішень для підвищення апроксимуючої здатності мережі є використання адаптивних активаційних функцій (Trainable, Adaptive Activation Functions) [8], що здатні змінювати свою форму та амплітуду в процесі навчання. Використання адаптивних функцій дозволяє уникнути ручного підбору активаційної функції під час розробки мережі, а також синтезувати нові активаційні функції, що будуть специфічними та оптимальними для поточної задачі [9].

Прикладами адаптивних активаційних функцій є AGSig [10], UAF [11], SinLU [12] та ACLU [13]. Нейрони з такими функціями фактично мають двошарову структуру:

- 1) шар синаптичних ваг  $w$ ;
- 2) шар параметрів адаптивних функцій активації.

Приклад нейрона з адаптивною активаційною функцією ACLU наведено на Рис. 1. Тут  $w$  – набір синаптичних ваг, а  $\rho$  та  $\zeta$  – налаштовні параметри функції активації.

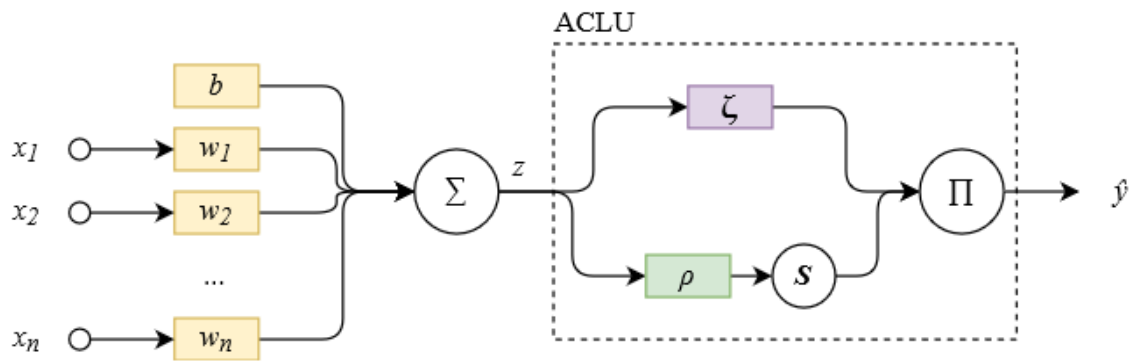


Рисунок 1 – Нейрон з адаптивною функцією ACLU [13]

Слід зазначити, що роботи [10-13] вводять адаптивні активаційні функції без введення спеціалізованих процедур налаштування параметрів нейронів з адаптивними активаційними функціями. Отже, доцільним є дослідження альтернативних процедур налаштування параметрів, які б враховували особливості нейронів з адаптивними активаційними функціями та дозволяли отримати кращі результати навчання мережі у порівнянні з традиційними процедурами зворотного поширення.

Метою роботи є розробка альтернативних процедур налаштування параметрів нейронів з адаптивними активаційними функціями, які б враховували особливості таких нейронів та дозволяли досягти кращих результатів навчання за еквівалентну або меншу кількість епох. Процедури повинні враховувати особливості глибоких нейронних мереж та розбиття вхідного набору даних на міні-вибірки (mini-batches). Імплементація процедур розглядається на прикладі ШНМ з адаптивною функцією активації ACLU.

## 1. Процедура двокрокового оновлення параметрів нейронів ШНМ

Штучні нейронні мережі побудовані на основі шарів штучних нейронів. Перетворення даних, що реалізується нейроном, у загальному вигляді може бути описано як:

$$\hat{y} = f(z) = f\left(b_0 + \sum_{i=1}^n w_i x_i\right) = f\left(\sum_{i=0}^n w_i x_i\right) = f(w^T x),$$

де  $x$  – вхідний сигнал,  $\hat{y}$  – вихідний сигнал,  $f$  – нелінійна функція активації,  $n$  – кількість елементів вектора вхідного сигналу,  $i \in [1, n]$  – індекс елемента вектора вхідного сигналу,  $z_i$  – елемент вектора вхідного сигналу,  $w_i$  – елемент вектора синаптичних ваг (synaptic weights), що відповідає  $i$ -му входу нейрона,  $w_0$  або  $b$  – зміщення (bias).

У порівнянні з «традиційними» функціями (як SiLU [14]), адаптивні функції активації (як ACLU) мають додаткові налаштовні параметри, наприклад:

$$ACLU(z) = \zeta z \sigma(\rho z) = \frac{\zeta z}{1 + e^{-\rho z}},$$

де  $z$  – вхідний сигнал функції активації,  $S$  – сігма-функція,  $\rho$  – налаштовний параметр форми функції та  $\zeta$  – налаштовний параметр амплітуди.

Таким чином перетворення, що реалізує нейрон з адаптивною активаційною функцією, можна записати у загальному вигляді як:

$$\hat{y} = f(z) = f\left(\sum_{i=0}^n w_i x_i; p_1; p_2; \mathbf{K}; p_P\right) = f\left(w^T x; p_1; p_2; \mathbf{K}; p_P\right),$$

де  $x$  – вхідний сигнал,  $\hat{y}$  – вихідний сигнал,  $f$  – адаптивна функція активації,  $n$  – кількість елементів вектора вхідного сигналу,  $i \in [1, n]$  – індекс елемента вектора вхідного сигналу,  $z_i$  – елемент вектора вхідного сигналу,  $w_i$  – елемент вектора синаптичних ваг (synaptic weights), що відповідає  $i$ -му входу нейрона,  $w_0$  або  $b$  – зміщення (bias),  $p_1, \dots, p_P$  – набір параметрів адаптивної активаційної функції  $f$ .

Ми пропонуємо нову процедуру оновлення параметрів штучних нейронів з адаптивними активаційними функціями – процедуру двокрокового оновлення параметрів (the 2-step parameter update procedure, the 2SPU procedure). Процедура передбачає оновлення параметрів кожного нейрона у два окремі кроки:

- 1) оновлення значень параметрів адаптивної активаційної функції  $p_1, \dots, p_P$ ;
- 2) уточнення значення похибки та оновлення значень синаптичних ваг  $w_0, \dots, w_n$ .

На прикладі нейрону з ACLU для квадратичного критерія похибки:

$$\begin{aligned} E_j(k) &= \frac{1}{2} e_j^2(k) = \frac{1}{2} \left( y_j(k) - ACLU_j(z_j(k)) \right)^2 \\ &= \frac{1}{2} \left( y_j(k) - ACLU_j \left( \sum_{i=0}^n w_{ji} z_i(k) \right) \right)^2 \end{aligned}$$

враховуючи значення похідних:

$$\begin{aligned} \frac{\partial f_j}{\partial \zeta_j} &= z_j \sigma(\rho_j z_j) = \frac{z_j}{1 + e^{-\rho_j z_j}}, \\ \frac{\partial f_j}{\partial \rho_j} &= \zeta_j z_j^2 \sigma(\rho_j z_j) (1 - \sigma(\rho_j z_j)) = \zeta_j \frac{z_j^2}{1 + e^{-\rho_j z_j}} \cdot \frac{e^{-\rho_j z_j}}{1 + e^{-\rho_j z_j}}, \end{aligned}$$

можна записати  $\delta$ -правила для оновлення параметрів адаптивної активаційної функції:

$$\begin{aligned} \zeta_j(k) &= \zeta_j(k-1) - \eta_\zeta(k) \frac{\partial E_j(k)}{\partial \zeta_j} \\ &= \zeta_j(k-1) + \eta_\zeta(k) \cdot \left( y_j(k) - f_j(z_j(k), \zeta_j(k-1), \rho_j(k-1)) \right) \cdot z_j(k) \sigma(\rho_j(k-1) z_j(k)), \\ \rho_j(k) &= \rho_j(k-1) - \eta_\rho(k) \frac{\partial E_j(k)}{\partial \rho_j} \\ &= \rho_j(k-1) + \eta_\rho(k) e_j(k) z_j^2(k) \cdot \sigma(\rho_j(k-1) z_j(k)) (1 - \sigma(\rho_j(k-1) z_j(k))). \end{aligned}$$

Після оновлення параметрів адаптивної активаційної функції відбувається поточення значення похибки:

$$\begin{aligned} \tilde{e}_j(k) &= y_j(k) - f_j(z_j(k), \zeta_j(k), \rho_j(k)) \\ &= y_j(k) - \frac{\zeta_j(k) z_j(k)}{1 + e^{-\rho_j(k) z_j(k)}} = y_j(k) - \frac{\zeta_j(k) w_j^T(k-1) x(k)}{1 + e^{-\rho_j(k) w_j^T(k-1) x(k)}}, \end{aligned}$$



та оновлення синаптичних ваг:

$$\begin{aligned}
 w_{ji}(k) &= w_{ji}(k-1) + \eta_w(k) \tilde{e}_j(k) \frac{\partial f(z_j(k), \zeta_j(k), \rho_j(k))}{\partial z_j(k)} x_i(k) \\
 &= w_{ji}(k-1) + \eta_w(k) \tilde{e}_j(k) \zeta_j(k) \sigma(\rho_j(k) z_j(k)) \\
 &\quad \cdot (1 + z_j(k) \rho_j(k)) (1 - \sigma(\rho_j(k) z_j(k))) x_i(k).
 \end{aligned}$$

Для практичного використання процедури 2SPU необхідно враховувати особливості поширених підходів в навчанні глибоких нейронних мереж:

- 1) при навчанні елементи даних передаються у вигляді міні-вибірок;
- 2) необхідно оновити параметри кожного з шарів нейронів у глибокій мережі.

Для врахування цих особливостей, ми пропонуємо 4 варіанти процедури 2SPU: 2SPU-1, 2SPU-2, 2SPU-3 та 2SPU-4. Варіанти процедури 2SPU відрізняються порядком оновлення параметрів в навчанні глибоких нейронних мережах з міні-вибірками. У варіантах 2SPU-1 та 2SPU-3 оновлення параметрів починається з параметрів адаптивної функції активації останнього (вихідного) шару та закінчується синаптичними вагами першого (вхідного) шару. У варіантах 2SPU-2 та 2SPU-4 оновлюються параметри активаційних функцій з усіх шарів, а потім – синаптичні ваги. Короткий опис кожного з варіантів наведений у Таблиці 1.

Таблиця 1

Варіанти процедури 2SPU.

Варіант	Опис процедури	Зразок коду
2SPU-1	В один момент часу оновлюються параметри тільки одного шару. Зміна набору тренуваних параметрів відбувається після обходу всіх міні-вибірок.	<pre> for epoch in epochs:   for l in reverse(net.layers()):     for mb in minibatches:       l.train_aclu(mb)     for mb in minibatches:       l.train_non_aclu(mb) </pre>
2SPU-2	В один момент часу оновлюються або параметри активаційних функцій усіх шарів, або ваги усіх шарів. Зміна набору тренуваних параметрів відбувається після обходу всіх міні-вибірок.	<pre> for epoch in epochs:   for mb in minibatches:     net.train_all_aclu(mb)   for mb in minibatches:     net.train_all_non_aclu(mb) </pre>
2SPU-3	В один момент часу оновлюються параметри тільки одного шару. Зміна набору тренуваних параметрів відбувається після обходу чергової міні-вибірки.	<pre> for epoch in epochs:   for mb in minibatches:     for l in reverse(net.layers()):       l.train_aclu(mb)     l.train_non_aclu(mb) </pre>
2SPU-4	В один момент часу оновлюються або параметри активаційних функцій усіх шарів, або ваги усіх шарів. Зміна набору тренуваних параметрів відбувається після обходу чергової міні-вибірки.	<pre> for epoch in epochs:   for mb in minibatches:     net.train_all_aclu(mb)     net.train_all_non_aclu(mb) </pre>

## 2. Експериментальні результати

Ефективність процедур налаштування параметрів ШНМ було оцінено для задачі класифікації зображень у наборі даних CIFAR-10 [15]. У якості базової архітектури використана згорткова нейронна мережа KerasNet [16]. У процесі оцінки базова архітектура, порядок ініціалізації ваг, вхідні дані та інші параметри ШНМ залишалися незмінними, змінювались лише процедури налаштування параметрів активаційних функцій (за наявності) та синаптичних ваг. Експеримент проведено з використанням Python 3.8.10 та бібліотеки PyTorch 1.10.1 [17] на комп'ютері з NVIDIA GTX 1650 Max-Q.

Експеримент проведений окремо для кожної з процедур налаштування параметрів протягом 100 епох. Використана функція помилки binary cross-entropy та оптимізатор RMSprop з кроком 0.001.

У табл. 2 наведені найкращі результати навчання для кожного з варіантів процедур налаштування параметрів. Залежність показників від епохи для кожного з варіантів процедур проілюстрована на рис. 2.

Таблиця 2

Результати навчання протягом 100 епох – показники функції похибки та точності класифікації на тестовому наборі даних для штучних мереж на основі SiLU та ACLU

Функція активації	Ініціалізація $\zeta$ та $\rho$	Навчання	Значення похибки	Точність класифікації, %
SiLU	–	Класичне	0,770	79,87
ACLU	SiLU-подібна	Класичне	0,735	80,31
ACLU	SiLU-подібна	2SPU-1	0,794	79,16
ACLU	SiLU-подібна	2SPU-2	0,736	80,38
ACLU	SiLU-подібна	2SPU-3	<b>0,707</b>	80,82
ACLU	SiLU-подібна	2SPU-4	0,724	<b>81,39</b>

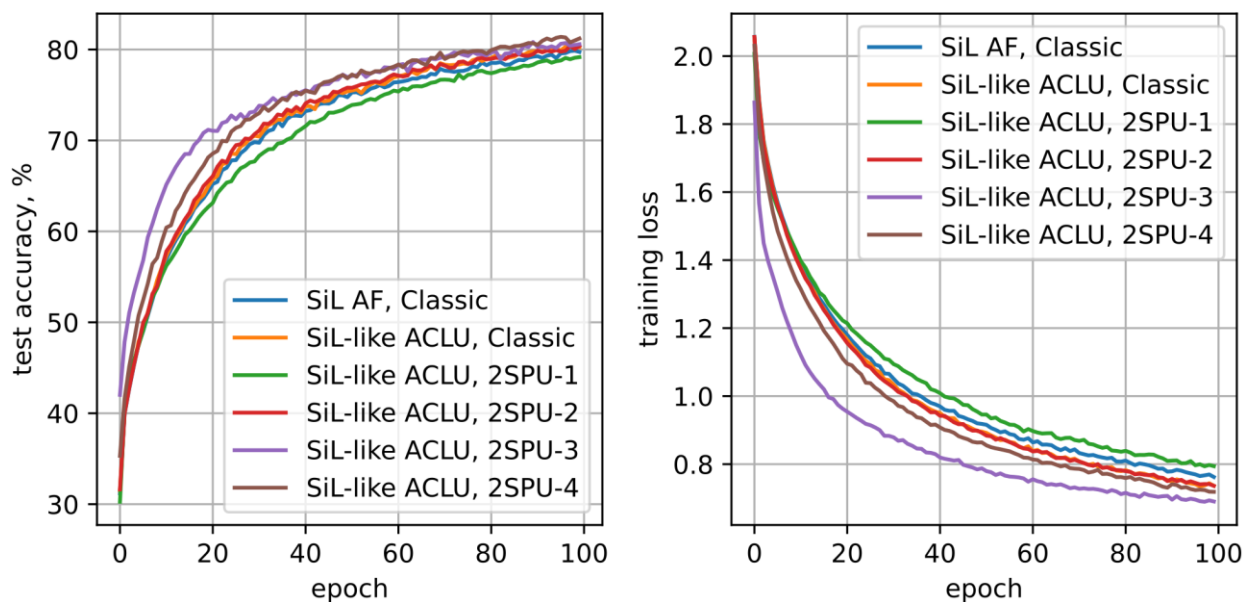


Рисунок 2 – Результати навчання мережі з ACLU протягом 100 епох

За результатами експерименту можна відмітити, що процедура 2SPU-4 дозволяє отримати найкращі результати навчання на заданому наборі даних: на 0,57% вищу точність класифікації від 2SPU-4 та на 1,08% вищу точність від традиційного одно крокового методу навчання. У порівнянні з 2SPU-3, процедура 2SPU-4 забезпечує нижчу швидкість навчання мережі, але 2SPU-4 менш схильна до overfitting. Загалом процедури 2SPU-3 та 2SPU-4 значно випереджають процедури 2SPU-1 та 2SPU-2 по отриманим результатам навчання мережі.

Подальше покращення результатів точності розпізнавання та швидкості навчання мережі можливе за рахунок зміни розміру міні-вибірки, оптимізації гіперпараметрів, покращення процедур початкової ініціалізації та заміни оптимізатора (RMSprop на нові оптимізатори типу ADAM).

## ВИСНОВКИ

Запропоновано нову процедуру налаштування параметрів штучних нейронних мереж з адаптивними активаційними функціями – 2SPU. Запропонована процедура враховує особливості нейронів з адаптивними активаційними функціями. Процедура передбачає оновлення параметрів адаптивних активаційних функцій та налаштування синапатичних ваг як окремі кроки в процесі навчання мережі. Запропоновано 4 варіанти процедури 2SPU, що відрізняються порядком оновлення параметрів мережі в процесі навчання.

Експериментально визначено, що процедура 2SPU дозволяє покращити точність розпізнавання зображень на 1,08% в порівнянні з традиційною процедурою оновлення параметрів. При цьому найбільшу ефективність показує процедура 2SPU-4, що оновлює параметри з декількох шарів нейронної мережі за один крок.

Серед напрямків для подальших досліджень доцільно виділити аналіз впливу розміру міні-вибірки, процедур початкової ініціалізації параметрів мережі, обраних гіперпараметрів та оптимізатора на результати навчання мереж з адаптивними активаційними функціями.

## ЛІТЕРАТУРА

1. *State-of-the-art in artificial neural network applications: A survey* / O. I. Abiodun та ін. *Heliyon*. 2018. Т. 4, № 11. С. e00938. URL: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00938> (дата звернення: 27.11.2022).
2. *CoCa: Contrastive Captioners are Image-Text Foundation Models* / J. Yu та ін. *Transactions on Machine Learning Research*. 2022. URL: <https://openreview.net/forum?id=Ee277P3AYC> (дата звернення: 27.11.2022).
3. Xu H., Van Durme B., Murray K. *BERT, mBERT, or BiBERT? A Study on Contextualized Embeddings for Neural Machine Translation. Proceedings of the 2021 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing, м. Online and Punta Cana, Dominican Republic. Stroudsburg, PA, USA, 2021.* URL: <https://doi.org/10.18653/v1/2021.emnlp-main.534> (дата звернення: 27.11.2022).
4. Zhang G. P., Qi M. *Neural network forecasting for seasonal and trend time series. European Journal of Operational Research*. 2005. Т. 160, № 2. С. 501–514. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2003.08.037> (дата звернення: 27.11.2022).
5. Briot J.-P., Hadjeres G., Pachet F.-D. *Deep Learning Techniques for Music Generation. Cham : Springer International Publishing, 2020.* URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-70163-9> (дата звернення: 27.11.2022).
6. *High-Resolution Image Synthesis with Latent Diffusion Models* / R. Rombach та ін. *2022 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), м. New Orleans, LA, USA, 18–24 черв. 2022 р. 2022.* URL: <https://doi.org/10.1109/cvpr52688.2022.01042> (дата звернення: 27.11.2022).
7. Aggarwal C. C. *Neural Networks and Deep Learning: A Textbook. Springer, 2018.* 497 с.
8. *A survey on modern trainable activation functions* / A. Apicella та ін. *Neural Networks*. 2021. Т. 138. С. 14–32. URL: <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2021.01.026> (дата звернення: 27.11.2022).

9. Jagtap A. D., Kawaguchi K., Karniadakis G. E. Adaptive activation functions accelerate convergence in deep and physics-informed neural networks. *Journal of Computational Physics*. 2020. T. 404. С. 109136. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jcp.2019.109136> (дата звернення: 27.11.2022).
10. Hu Z., Shao H. The study of neural network adaptive control systems. *Control and Decision*. 1992. No. 7. P. 361–366
11. Universal activation function for machine learning / B. Yuen та ін. *Scientific Reports*. 2021. T. 11, № 1. URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-96723-8> (дата звернення: 27.11.2022).
12. SinLU: Sinu-Sigmoidal Linear Unit / A. Paul та ін. *Mathematics*. 2022. T. 10, № 3. С. 337. URL: <https://doi.org/10.3390/math10030337> (дата звернення: 27.11.2022).
13. Бодяньський Є. В., Костюк С. О. Автоматично налаштований лінійний блок (ACLU) для штучних нейронних мереж з прямим поширенням інформації. *Нейромережні технології та їх застосування НМТіЗ-2021: збірник наукових праць XX Міжнародної наукової конференції «Нейромережні технології та їх застосування НМТіЗ-2021» / за заг. ред. д-ра техн. наук, проф. С.В.Ковалевського. - Краматорськ: ДДМА, 2021. С. 71–76.*
14. Elfwing S., Uchibe E., Doya K. Sigmoid-weighted linear units for neural network function approximation in reinforcement learning. *Neural Networks*. 2018. T. 107. С. 3–11. URL: <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2017.12.012> (дата звернення: 27.11.2022).
15. Krizhevsky A. *Learning Multiple Layers of Features from Tiny Images*. University of Toronto. URL: <https://www.cs.toronto.edu/~kriz/learning-features-2009-TR.pdf> (дата звернення: 27.11.2022).
16. Keras / F. Chollet та ін. *GitHub*. URL: <https://github.com/fchollet/keras> (дата звернення: 27.11.2022).
17. A. Paszke та ін., “PyTorch: An Imperative Style, High-Performance Deep Learning Library”, in *Advances in Neural Information Processing Systems 32*, H. Wallach, H. Larochelle, A. Beygelzimer, F. d'Alché-Buc, E. Fox, and R. Garnett, Red's Curran Associates, Inc., 2019, bll 8024–8035.

**Слюсар В.И.** (Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки ЗС України)

**Слюсарь И.И.** (Полтавський державний аграрний університет)

## **АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕХАНИЗМОВ ВНИМАНИЯ В ЗАДАЧЕ СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЦИФЕРБЛАТОВ АНАЛОГОВЫХ СЧЕТЧИКОВ**

*Рассмотрены результаты исследования точности различных архитектур нейросетей U-Net с механизмом внимания при решении задачи сегментации изображений циферблатов аналоговых счетчиков. Сделан вывод об отсутствии эффекта увеличения точности за счет интеграции одно- и двухканальных схем внимания, при этом достигнутая точность сегментации составила 86.3 %.*

*The results of studying the accuracy of various architectures of U-Net neural networks with an attention mechanism in solving the problem of image segmentation of analogue counter dials are considered. It is concluded that there is no effect of increasing accuracy due to the integration of one- and two-channel attention schemes, while the achieved segmentation accuracy was 86.3%.*

Важной задачей при реализации концепций Smart City, Smart Home, Industry 5.0 и т.д. является удаленный сбор данных с множества аналоговых средств контроля расхода ресурсов, например, счетчиков потребления электроэнергии, воды, газа, тепла и др. Во многих случаях их замена на современные цифровые приборы является нерентабельной. Немаловажную роль при этом играют большое разнообразие и количество аналоговых средств учета в той или иной инфраструктуре, запреты на внесение изменений в коммуникации, высокая стоимость разработок проектно-технической документации по модернизации оборудования. По этой причине некоторые разработчики идут по пути использования оптических каналов снятия показаний аналоговых счетчиков с последующей передачей изображений их циферблатов на визуальные средства наблюдения. Эффективность такого подхода может быть увеличена путем комбинации технологий Интернета вещей и оптического распознавания данных на основе искусственного интеллекта (IoT + AI).

В качестве возможных примеров подобной интеграции следует указать решения [1]. Однако их массовому внедрению препятствует ряд недостатков, связанных с отсутствием унификации по типам счётчиков, влиянием вибраций при определенной специфике технологических процессов, высокими требованиями к пространственной стабильности изображений и параметрам экспозиции. Кроме того, использование ограниченных возможностей аппаратных средств edge computing вынуждает подстраиваться под минимальные вычислительные ресурсы. При этом возникает необходимость ручной сегментации, точной первоначальной настройки, ручной коррекции считанных данных, и все это – в условиях низкой разрешающей способности изображений (обычно, порядка 28x28 пикселей).

Одним из вариантов решения указанных проблем является использование процедуры предварительной сегментации изображений циферблатов, до того момента, как они поступят на оптическое распознавание. Это позволит снизить объём передаваемой оптической информации, удалить с полученных изображений мешающий фон и сузить поле для распознавания. Варианты такой обработки рассмотрены, например, в [2, 3]. Помимо анализа эффективности различных архитектур нейросетей в [3] было проведено также исследование влияния настроек параметров их типовых слоев (Conv2D MaxPool и др.) в различных комбинациях. Вместе с тем за пределами рассмотрения в [3] остались структуры нейросетей с механизмом внимания, применение которого в задаче сегментации изображений циферблатов счетчиков ранее никем не было изучено.

Целью работы является анализ результатов тестирования новых архитектур нейросетей для сегментации изображений счетчиков с применением механизма внимания.

Для обучения всех предложенных вариантов нейронных структур применительно к рассматриваемой сфере сегментации изображений циферблатов счетчиков использовался общедоступный датасет Water Meters, размещенный на web-портале Kaggle ([www.kaggle.com/datasets/tapakah68/yandextoloka-water-meters-dataset](http://www.kaggle.com/datasets/tapakah68/yandextoloka-water-meters-dataset)).

В качестве базовой архитектуры нейросети была выбрана средняя по размерам U-Net [4] (рис. 1) с количеством параметров 1721730, из которых не подлежали тренировке только 2688 параметров. Особенностью данной структуры U-Net является 4-кратное уменьшение формата матрицы пикселей в процессе обучения. Поэтому размер изображений, поступающих на вход такой нейросети, должен нацело делиться на 4. Вместе с тем, спецификой датасета Water Meters является размер исходных изображений 1000x1778 пикселей, что лишь частично удовлетворяет указанному требованию. Чтобы адаптировать датасет, все его изображения были предварительно пережаты в размеры, кратные 4. В частности, для нового формата изображений была выбрана матрица 224x128 пикселей, как наиболее близкая по своим пропорциям к исходным фотоснимкам. Строго говоря, для изображений со стороной кадра 128 пикселей пересчет с коэффициентом 1778/1000 дает результат 227,584. В этом случае округление до 224 пикселей должно быть практически незаметным. Следует отметить, что при выборе конкретного формата пережатого изображения помимо максимальной возможности сохранения пропорций исходных фотоснимков датасета также необходимо было учитывать ограничения доступных вычислительных ресурсов, на которых выполняется обучение нейросети. Для максимизации этих ресурсов в рамках исследования использовались возможности графических карт, предоставляемых платным сервисом Google ColabPro+.

Тренировочный датасет содержал 870 снимков, тогда как проверочный сегмент датасета включал 374 изображения. Маски для сегментации циферблатов были заданы черно-белыми. Соответственно процент пространства, занятого черным фоном, составил 98 %, а на белый вырез под цифровое табло счетчика приходилось 2 %. Процесс обучения нейросети U-Net (рис. 1) выполнялся с шагом обучения 0.001 и батчем 32. Время выполнения 80 эпох обучения составило 7 мин в стандартном режиме подключения к Google ColabPro+ с видеокартой A100-SXM4, оснащенной 40 ГБ ОЗУ. В процессе обучения ее ресурсы на некоторых этапах были задействованы более, чем на 87 %. При этом также сервисом Google Colab было предоставлено ОЗУ процессорного модуля объемом 83,48 ГБ и дисковое пространство 166,77 ГБ, хотя их возможности использовались на уровне 6 и 15 процентов соответственно.

Максимальная достигнутая точность обучения U-Net в пределах 400 эпох составила 86.3 %. Комментируя сравнительно невысокий полученный результат следует указать, что датасет Water Meters от Kaggle содержит достаточно много ошибочных масок. Например, некоторым вертикально расположенным циферблатам соответствует горизонтально ориентированная маска. В других случаях при реальном наклоне циферблата влево на маске соответствующий сегмент изображения наклонен вправо. Вполне понятно, что на таких изображениях нейронная сеть дает значительную ошибку, и общая точность сегментации снижается. В подобных случаях исходный датасет следует предварительно отфильтровать от артефактов. Однако, применительно к решаемой задаче, наличие указанного недостатка, напротив, явилось полезным фактором, создавшим стрессовые условия для функционирования анализируемых нейросетей.

На следующем этапе исследования проводились с применением различных по структуре и месту включения в нейронную сеть типа U-Net механизмов внимания. Основная идея применения структур внимания состояла в том, чтобы взвесить матрицу пикселей изображений с помощью особой маски, селективирующей их наиболее значимую область. При

этом соответствующие веса подбираются в процессе обучения, максимизируя точность сегментации.



Рис. 1. Базовая архитектура нейросети U-Net в фреймворке “Terra AI”.

Процесс анализа проводился в отношении одно- и двухканальных структур внимания. На рис. 2 представлен один из использовавшихся вариантов одноканального механизма внимания, охватывающий несколько слоев нейросети с пробросом выхода канала внимания вперед по ее структуре. Детализированная на рис. 3 схема механизма внимания содержит на входе сверточный слой Conv2D с одним фильтром, формируемым с помощью единичного весового ядра и такого же шага скольжения. На вход Conv2D поступает изображение формата 112×64 пикселей. Далее следует выравнивающий слой Flatten, выходы которого подключены к полносвязному нейронному слою Dense с функцией активации ReLU. Он имеет количество нейронов, равное количеству пикселей в одном кадре на выходе механизма внимания (1792). Столько же нейронов содержит и последующий слой Dense с функцией активации Softmax. Векторный выход второго слоя Dense далее трансформируется слоем Reshape в изображение формата 52×32 пикселей. Для согласования структуры массивов, поступающих в качестве сомножителей на вход слоя умножения Multiply, на выходе канала

внимания в слое Conv2D формируется 256 фильтров, выходы которых подвергаются нормализации в соответствии с процедурой BatchNormalization.

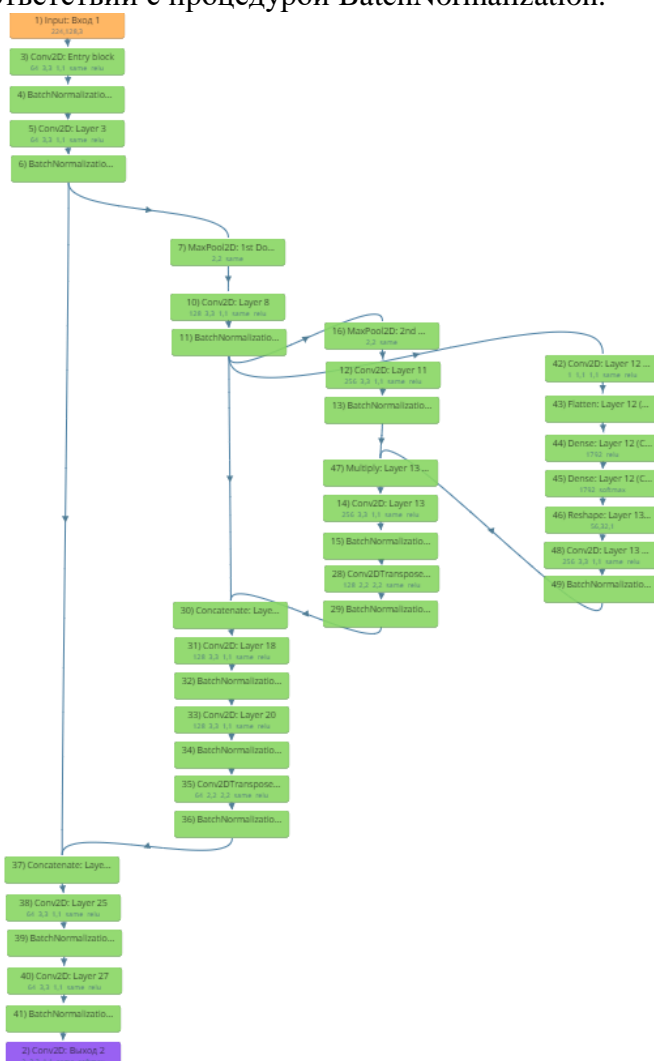


Рис. 2. U-Net с механизмом внимания, охватывающим 3 слоя нейросети.

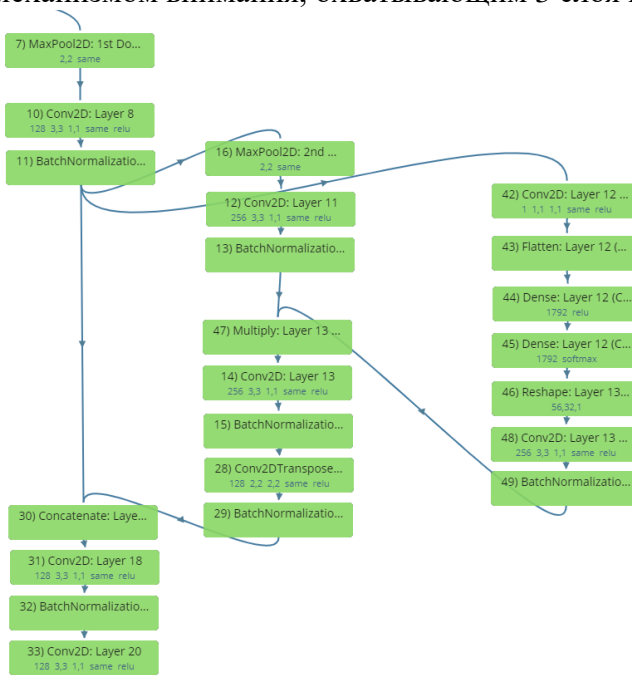




Рис. 3. Структура одноканального механизма внимания на рис. 2.

Обучение нейросети рассмотренной структуры позволило получить точность 85.1 % в пределах 200 эпох. При этом наблюдалось затягивание начала процесса обучения на проверочной выборке до 18 эпох, что было обусловлено увеличением количества тренируемых параметров.

Более высокую точность, 85,3 %, позволило получить включение описанной выше схемы внимания в сегменте сети, соответствующем минимальному размеру изображения. При этом вход и выход канала внимания подключались параллельно стыку двух соседних слоев (рис. 4).

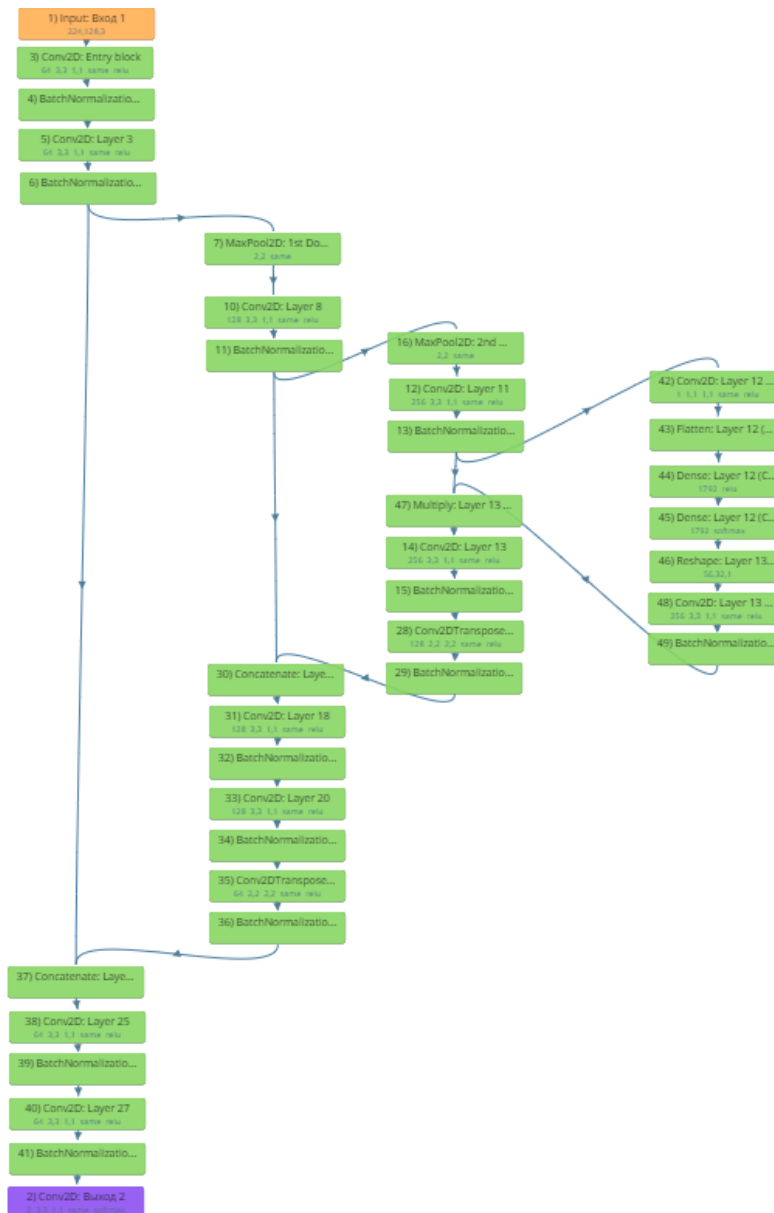


Рис. 4. Структура U-Net с одноканальным механизмом внимания, интегрированным между двумя слоями.

Альтернативный вариант подключения механизма внимания состоит в его интеграции параллельно линии связи между двумя слоями непосредственно перед слоем увеличения изображения Conv2DTranspose, как показано на рис. 5. Общее количество параметров нейросети в данном случае равно 8151683, из них тренировке подлежат 8148483. Такой

вариант нейросети позволил достичь точности 86.3 % на 418-й эпохе, что совпадает с точностью базовой версии U-Net без механизма внимания.

Руководствуясь концепцией множественного внимания, далее была синтезирована схема U-Net с двумя последовательными канала внимания, представленная на рис. 6. Против ожидания, такое усложнение нейросети привело к ухудшению точности сегментации, которая снизилась до величины 75.3 %. При этом также заметно ухудшилась и скорость обучения.

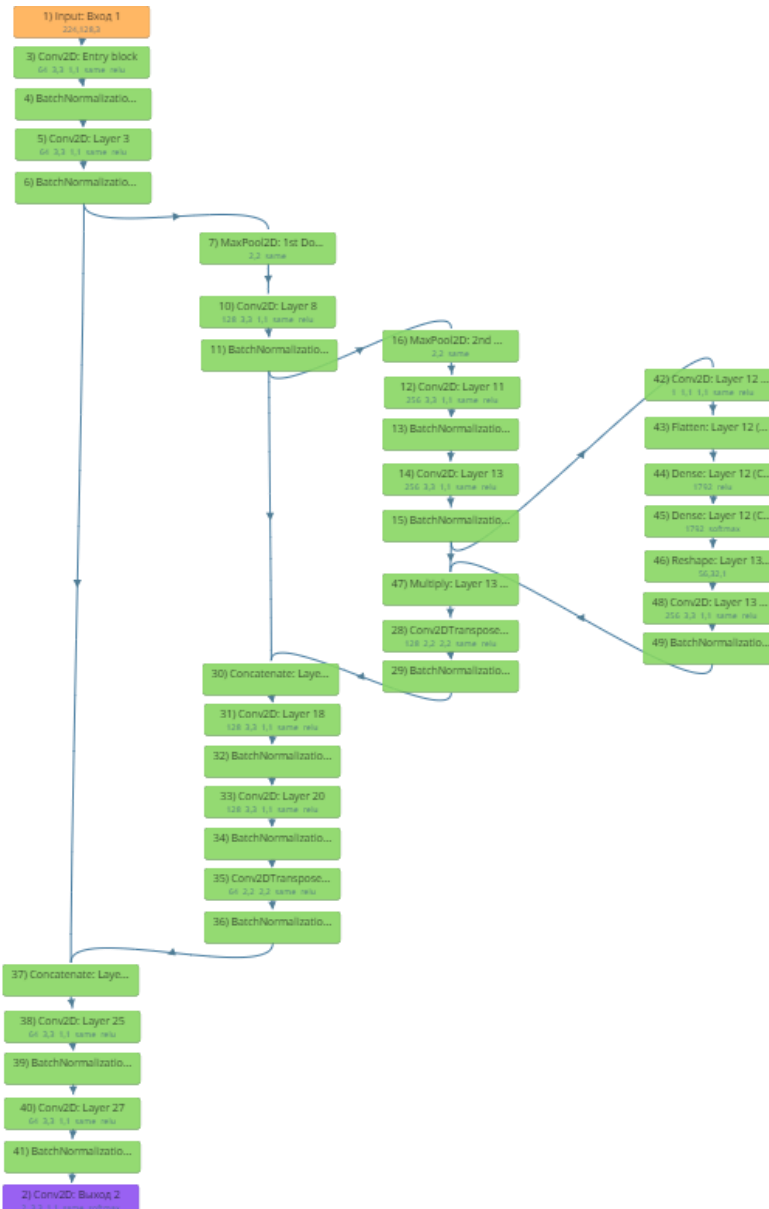


Рис. 5. Альтернативная архитектура U-Net с одноканальным механизмом внимания, подключенным в межслойный интервал.

Данный результат позволил сделать однозначный вывод, что применительно к рассматриваемому датасету одноканальный (однокаскадный) механизм внимания является предпочтительным решением. Также более выигрышным вариантом является использование в схеме внимания последовательно двух слоев Dense вместо одного. Такой принцип реализации механизма внимания на спарке слоев Dense дает преимущества в точности сегментации и по сравнению с сугубо сверточной схемой, содержащей несколько последовательно включенных сверточных слоев и слоев нормализации.

Естественно, в рамках проведенных исследований невозможно было охватить все варианты реализации механизма внимания. Вполне вероятно, что некоторые из них могут оказаться более эффективными. Проверка данного предположения является целью дальнейших исследований.

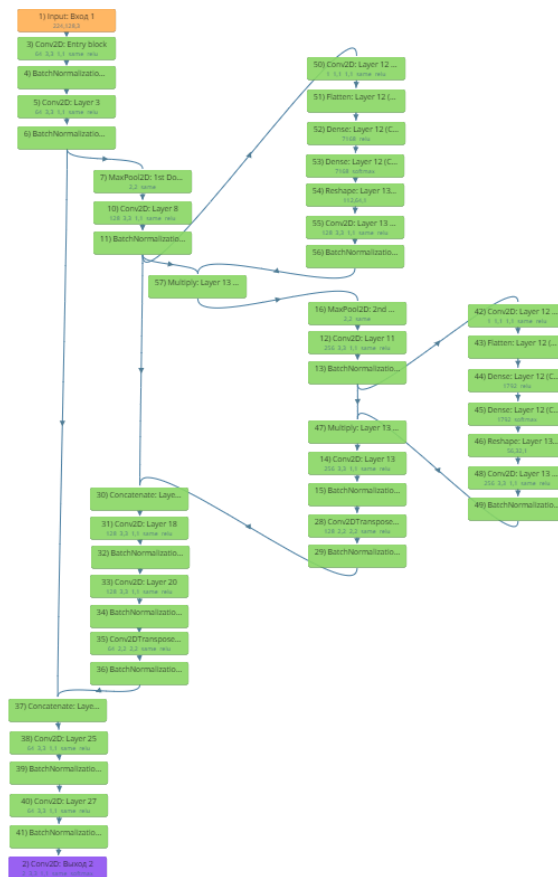


Рис. 6. U-Net с двухканальным механизмом внимания.

## ВЫВОДЫ

Полученные результаты позволили сделать вывод, что применительно к датасету Water Meters механизм внимания, интегрированный в U-Net средней сложности, не позволил улучшить точность сегментации по сравнению с базовой архитектурой. В проведенных экспериментах удалось получить точность сегментации 86,3 %, как в случае использования механизма внимания, так и без него. Однако, не исключено, что использование более сложных схем внимания в сочетании со структурным разнообразием архитектур U-Net позволит преодолеть указанный паритет в пользу нейросетей с интегрированным механизмом внимания.

## Литература

1. Analog meters in the digital enterprise: change or integrate? URL: <https://habr.com/ru/company/lanit/blog/676240/>.
2. Vadym Slyusar, Mykhailo Protsenko, Anton Chernukha, Vasyl Melkin, Olena Petrova, Mikhail Kravtsov, Svitlana Velma, Nataliia Kosenko, Olga Sydorenko, Maksym Sobol. Improving a neural network model for semantic segmentation of images of monitored objects in aerial photographs.// Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.- № 6/2 (114). – 2021. - Pp. 86 – 95.DOI: 10.15587/1729-4061.2021.248390.
3. Vadym Slyusar, Ihor Sliusar, Nataliia Bihun, and Volodymyr Piliuhin. Segmentation of analogue meter readings using neural networks. // 4th International Workshop on Modern Machine Learning Technologies and Data Science MOMLET&DS2022, Lviv, Ukraine, 23 -25 Nov. 2022. – 11 p.
4. Ronneberger, O., Fischer, P., Brox, T. (2015). U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention – MICCAI 2015, 234–241.

**Малий Р.І., Хаджиков А.С., Клименко М.С., Сімченко С.В.** (Інститут проблем штучного інтелекту МОН і НАН України)

## РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ГРУПОЮ БЕЗПІЛОТНИХ АПАРАТІВ

Майбутня розробка масових універсальних групових безпілотних апаратів стикається з проблемою відсутності надійних сучасних засобів зв'язку та управління в різноманітних критичних умовах, для вирішення якої розроблено універсальний багатофункціональний сервер обміну даними між усіма учасниками груп безпілотних апаратів. Розробка транспортного протоколу була експериментально перевірена для досягнення необхідних показників керованості дистанційних роботів за допомогою засобів штучного інтелекту.

*Upcoming development of mass universal group unmanned vehicles is facing the problem of the complete absence of reliable modern means of communication and control in a variety of critical conditions, to solve which a universal multifunctional data exchange server between all members of groups of unmanned vehicles have been developed. The development of transport protocol has been experimentally tested to achieve the required indicators of controllability of remote robots using AI tools.*

Стрімкий розвиток і масове використання універсальних робототехнічних комплексів передбачає високу надійність управління безпілотними транспортними засобами в різноманітних критичних умовах без права на помилку і втрати керованості. Найбільш уразливим місцем таких пристроїв є канали передачі даних, центральною частиною яких все частіше стає глобальна мережа Інтернет, що дозволяє контролювати практично будь-яким пристроєм у будь-якій точці нашої планети [1]. Такий зв'язок має складну багатопшарову структуру з неприйнятною надійністю та відповідальністю за аварійність, неприйнятною для універсальних масових пристроїв [2]. Метою даної роботи є формування архітектури надійного керування групою безпілотних апаратів та демонстрація практичної можливості реалізації подібної системи.

Авторами роботи запропоновано метаструктуру взаємодії учасників сценарію керування групою (роєм) безпілотних апаратів на основі обміну даними із єдиним комунікаційним сервером (рис. 1).

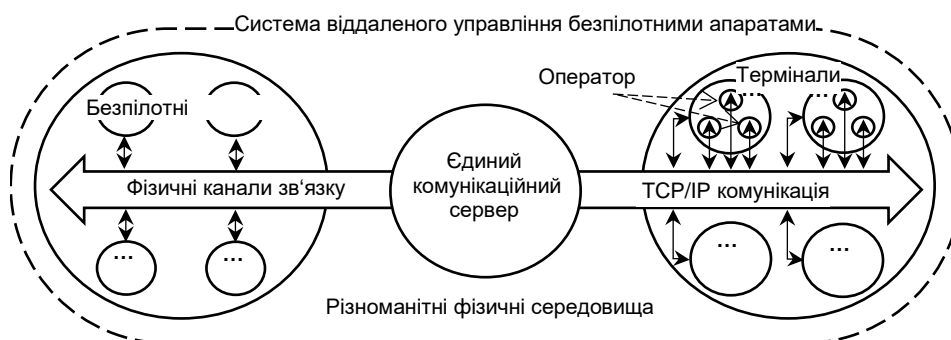


Рис. 1. Універсальна схема обміну даними між учасниками групи безпілотних апаратів

Розроблений сервер є універсальним для наведеного вище класу роботів з наступною метаструктурою. Він підтримує необмежену програмними засобами кількість терміналів дистанційного керування. Кожен з терміналів має змогу підключити низку кількості віддалених спеціалістів-операторів, кількість яких обмежена можливостями транспортних каналів зв'язку. Оператори об'єднані єдиним сервером зв'язку всіх компонентів в єдину

систему управління, яка підключає їх до необмеженої кількості дистанційно керованих безпілотних транспортних засобів.

Транспортні засоби працюють на відстанях у межах реакцій, дозволених часовими затримками, в різноманітних середовищах (повітря, земля, вода та на їх межах) із можливістю передачі сигналів через проміжні безпілотні засоби з використанням широко доступної елементної бази, робототехніки та ШІ.

Було виконано порівняльний аналіз характеристик комерційно доступних Інтернет-протоколів передачі даних та технологій на їх основі для доменно-орієнтованих сервісів [3] за показниками надійності/швидкості щодо психофізіологічної реакції людини, яка становить 0,1-0,2 секунди. У результаті аналізу виявлено, що більшість технологій несумісні з умовами дистанційного керування безпілотних апаратів. Запропоновано та реалізовано спеціальний протокол, що використовує стандартні інструменти транспортного рівня ТСП/IP на стику апаратного та програмного забезпечення для низькорівневого контролю обміну даними через віртуальні з'єднання 2 даних мережевих терміналів. Тестування продемонструвало, що пропускна здатність і швидкість мережі в умовах критичного навантаження залишається достатньою для передачі відео та даних телеметрії без втрат, що дозволяє говорити про надійність даного способу передачі даних для описаної системи. Додаткову надійність і гарантію передачі даних забезпечує повторна відправка пакетів за відсутності підтвердження отримання однією зі сторін системи.

Спеціальний транспортний протокол ТСП/IP передає та «забуває» всі дані. Однак він вбудований у всі засоби передачі даних сервера обміну даними між усіма учасниками групи безпілотників, який синхронно зберігає ці дані у внутрішньому архіві всієї сесії учасників і послідовно створює копію всієї процес комплексу для адекватних висновків і подальших дій, особливо в критичних ситуаціях, достатніх для наступної стабілізації, формалізації та автоматизації.

## ВИСНОВКИ

У цій роботі показана принципова можливість підходу до системи керування групою безпілотних апаратів в рамках існуючої мережі Інтернет за рахунок спеціального протоколу транспортного рівня ТСП/IP та універсального сервера обміну даними між усіма учасниками групи безпілотних транспортних засобів у складних умовах комплексної роботи з використанням елементів штучного інтелекту. Результати експериментальної перевірки компонентів системи засвідчили принципову можливість реалізації комплексу в межах робочої психофізіологічної реакції людини-оператора.

## ЛІТЕРАТУРА

16. Stutters, L., Liu, H., Tiltman, C., and Brown, D.J., 2008. *Navigation Technologies for Autonomous Underwater Vehicles. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics —Part C: Applications and Reviews, Vol. 38, No. 4, pp.581-589.*
17. D. Estrin, L. Girod, G. Pottie, and M. Srivastava, *Instrumenting the world with wireless sensor networks, IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, 2001.*
18. *ISO 8601-2 Standard. International date and time standard – Introduced 2019 : International Organization for Standardization*

**Dilip Kumar, Neha lakhwan, Anita Rawat** (*Department of Civil Engineering, Govind Ballabh Pant Engineering College, Pauri, India*)

## **STUDY AND PREDICTION OF LANDSLIDE IN UTTARKASHI, UTTARAKHAND, INDIA USING GIS AND ANN**

*Our work represents a community-wide effort to create a document database that meets the requirements of machine learning. It should be noted that our APSE system, which facilitates the annotation process, was not intended as a stand-alone search engine. Rather, it was designed and used solely for data collection.*

More than 1,500 scientists from around the world participated in the RELISH consortium and annotated relevance to more than 180,000 pairs of documents representing diverse fields of research, covering 76% of all PubMed MeSH descriptors without apparent bias. These annotations are of high quality, with more than 90% of article pairs annotated by original authors and 63% by scientists with 5 or more years of post-doctoral research experience. While the majority annotated a single original article, several researchers annotated more than 50 original articles, and some independently commented on the same original articles. Together, the dataset provides the largest manually annotated benchmark for document similarity detection in biomedical literature searches.

A number of potential biases were taken into account when creating this database. Potentially affected aspects of our methodology primarily include the way in which the documents provided to the annotators are selected and the way in which the annotators themselves are selected. Here we discuss the biases we were able to identify and explain why they were resolved.

Inherent selection biases can be argued for the underlying methods used to generate document sets for annotation. First, because only the top 20 nonredundant papers from each method were presented to the annotators, we necessarily excluded potentially related papers with lower similarity scores from this pool. We could get more results from one method, but then there would be a bias towards that single method. In addition, we decided to take as many results from each method as possible to reduce the burden on the annotator's time because we understand that volunteered time is valuable. Second, since the underlying methods rely solely on exact term matches to generate appropriate similarity scores, it is possible that semantically related documents are missing from this pool.

Potentially subjective bias is a major concern affecting the relevance of documents manually annotated by such a diverse group of scientists. This may be in terms of a biased view of recommended documents according to the annotator's close-up view of their domain, as opposed to the more objective view that general knowledge annotators might have. We decided to use the authors of their own papers as relevance judges to increase the level of participation, again taking into account the effort required from the participants. This is because our goal for this benchmark was to detect subfield similarity so that articles marked as relevant could be eligible to be cited by the original article. This task requires highly specialized experts in the relevant subfields to make this determination. In other words, the more experience the annotator has in the subfields, the more accurate the annotations will be. Although non-PhD researchers are underrepresented in their participation in the database, this does not affect the overall accuracy of the annotations, as we demonstrated no bias according to the level of experience of the annotators and the different fields of the researchers. In fact, the use of expert annotations will ensure that relevant articles are produced for all searching non-PhD researchers, clinicians and the general public. This will not affect the overall accuracy of the annotations, as we have demonstrated that there is no bias according to the level of experience of the annotators and between different fields of researchers. In

fact, the use of expert annotations will ensure that relevant articles are produced for all searching non-PhD researchers, clinicians and the general public. this will not affect the overall accuracy of the annotations, as we have demonstrated that there is no bias according to the level of experience of the annotators and between different fields of researchers. In fact, the use of expert annotations will ensure that relevant articles are produced for all searching non-PhD researchers, clinicians and the general public.

Taken together, the results indicate that, despite any subjective biases, there is consensus on what actually constitutes relevant literature for most researchers, despite differences in research areas and levels of expertise.

The high-quality data collected by the RELISH consortium provided an unprecedented opportunity to compare the three basic methods (PMRA, BM25 and TF-IDF). Somewhat surprisingly, all three methods performed similarly, with a slight advantage for TF-IDF. All three methods evaluated here showed only moderate performance with a mean AUC of about 0.7 and a mean MCC of about 0.5. This is an application indicates the need for large baseline data sets for evaluation, there is considerable room for improvement in the literature search with future development of the method.

Encouraging method development was the main motivation for compiling this database. Our database should enable the development of new methods based on modern deep machine learning techniques to address the major shortcomings of current methods. In addition, benchmark data sets resulting from our database will enable objective comparisons between old and new methods, increasing the uptake of new methods and their implementation in practice.

We expect that the dissemination of this manuscript will attract more scientists to contribute more annotations. Participant recruitment was a major challenge for us, with the first phase of our recruitment strategy (internal referrals, personal invitations, social media posts, and a mailing list) ultimately failing to attract enough contributions to generate a meaningful data set. Because of this error, we reluctantly decided to proceed with the second phase of sending direct emails. Although the response rate was low (around 1%), it was sufficient to generate the substantial database we now have. Our server will continue to collect annotations. We hope to publish the next version of the database with at least double the number of available annotations.

Гітис В.Б., Слєднєв Л.С. (Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ-Тернопіль, Україна)

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДІВ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ДАНИХ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ ГОТЕЛЬНОГО БІЗНЕСУ

*У статті розглядається можливість застосування методів інтелектуального аналізу даних для прогнозування показників готельного бізнесу. Виконується порівняння ефективності низки методів прогнозування та класифікації, у тому числі методів нейромережевого моделювання, на тестовій задачі прогнозування одного з важливих для кожного готелю показників – ймовірності відмови клієнта від заброньованого номера.*

*The article considers the possibility of using data mining methods to predict the indicators of the hotel business. The effectiveness of a number of forecasting and classification methods, including neural network modeling methods, is compared on the test task of predicting one of the important indicators for each hotel – the probability of a client refusing a booked room.*

Готельний бізнес – це бізнес, пов'язаний з професійним наданням послуг з проживання та повного побутового обслуговування клієнта в готелях. Високий рівень накладних витрат в індустрії готельного бізнесу все частіше змушує власників замислюватися над необхідністю установки системи, яка забезпечить чітку організацію і взаємозв'язок між різними службами організації, допоможе знизити експлуатаційні, енергетичні та операційні витрати.

Для підвищення економічної ефективності готелю завжди треба прагнути, щоб було заповнено якомога більше номерів. Для досягнення цієї мети використовується попереднє бронювання номерів клієнтами. Прогнозування рівня бронювання і, зокрема, випадків відміни бронювання – являє собою найважливішу частину оптимізації готельного бізнесу.

Тому метою створення інформаційної системи є відповідь на питання: чи скасує бронювання клієнт?

Таким чином значення показника, що прогнозується, має 0 або 1. Двійковість показника дозволяє застосувати для його визначення також не тільки методи прогнозування, а й класифікації.

Для дослідження ефективності прогнозування ймовірності відміни бронювання були обрані наступні методи:

- метод лінійної регресії (Linear regression);
- метод логістичної регресії (Logistic regression);
- метод найближчих сусідів (KNN);
- метод дерева прийняття рішень (Decision Tree Classifier);
- метод випадкового лісу (Random Forest Classifier);
- методи градієнтного бустінгу: XGBoost, CATBoost, LGBMClassifier;
- метод адаптивного бустінгу AGABoost;
- метод ансамблю моделей (Voting Classifier);
- багатошаровий перцептрон (ANN).

Для реалізації наведених алгоритмів була розроблена інформаційна система для прогнозування показнику скасування бронювання за допомогою наступних програмних засобів:

- Python версії 3.9;
- бібліотека scikit-learn;
- Jupyter-notebook;
- бібліотеки візуалізації seaborn та matplotlib.



Метою будь-якого прогнозування є створення моделі, яка дозволяє заглянути в майбутнє і оцінити тенденції в змінах того чи іншого показника. Якість прогнозу в такому випадку залежить від наявності передісторії змінюваного показника, похибок вимірювання даної величини.

Для проведення аналізу та складання статистики був використаний набір даних з площадки Kaggle. Набір даних складається з великої кількості колонок, тому необхідно вибрати ті, що найбільш корелюють з відміною бронювання (рис. 1).

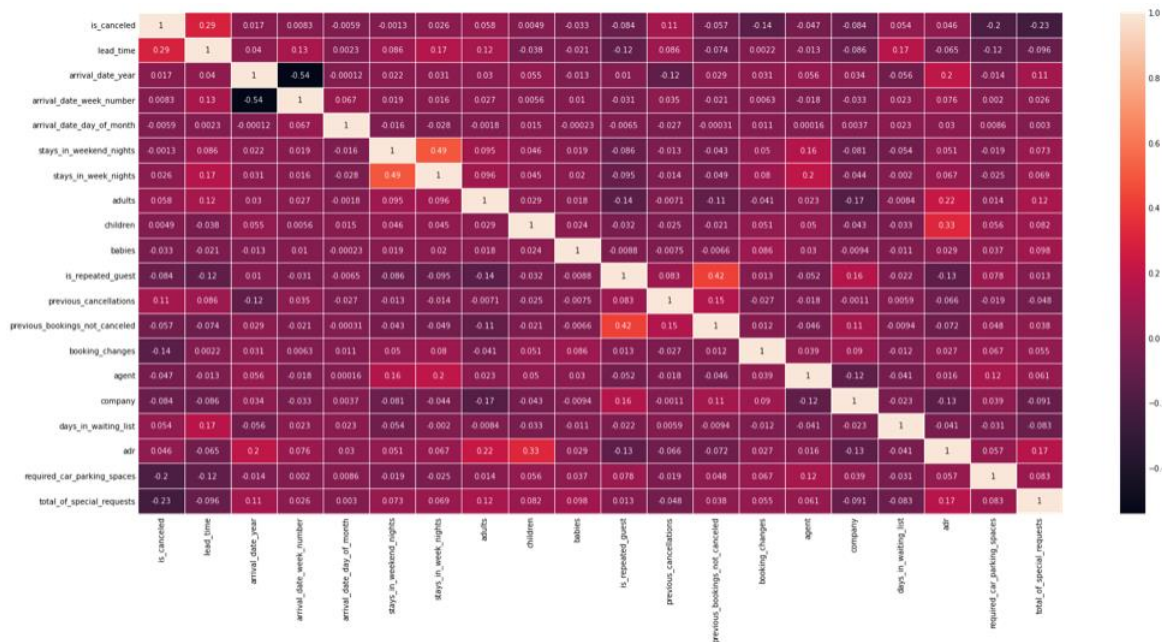


Рисунок 1 – Кореляція факторів з відміною бронювання (is\_canceled)

is_canceled	1.000000
lead_time	0.292876
total_of_special_requests	0.234877
required_car_parking_spaces	0.195701
booking_changes	0.144832
previous_cancellations	0.110139
is_repeated_guest	0.083745
company	0.083594
adults	0.058182
previous_bookings_not_canceled	0.057365
days_in_waiting_list	0.054301
agent	0.046770
adr	0.046492
babies	0.032569
stays_in_week_nights	0.025542
arrival_date_year	0.016622
arrival_date_week_number	0.008315
arrival_date_day_of_month	0.005948
children	0.004851
stays_in_weekend_nights	0.001323

Рисунок 2 – Значення кореляції деяких факторів з відміною бронювання (is\_canceled)

На рисунку 2 можна побачити, що найбільш важливими параметрами є:

- час, за котрий відбувається бронювання (lead\_time);
- кількість спеціальних пропозицій (total\_of\_special\_requests);

- наявність місця для стоянки авто (required\_car\_parking\_spaces);
- чи був гість у минулому клієнтом готелю (is\_repeated\_guest);
- це путівка або приватне бронювання (company).

На рисунку 3 та 4 наведені показники точності роботи моделей. Як видно з рисунків, найкращий показник виявився у CatBoost та у багатозарового перцептрону.

	Model	Score
0	Cat Boost	0.995918
1	ANN	0.994184
2	XgBoost	0.982356
3	LGBM	0.959455
4	Voting Classifier	0.958141
5	Random Forest Classifier	0.954590
6	Ada Boost Classifier	0.952241
7	Decision Tree Classifier	0.946090
8	KNN	0.889131
9	Logistic Regression	0.808210
10	Linear Regression	0.790761

Рисунок 3 – Показники точності роботи моделей

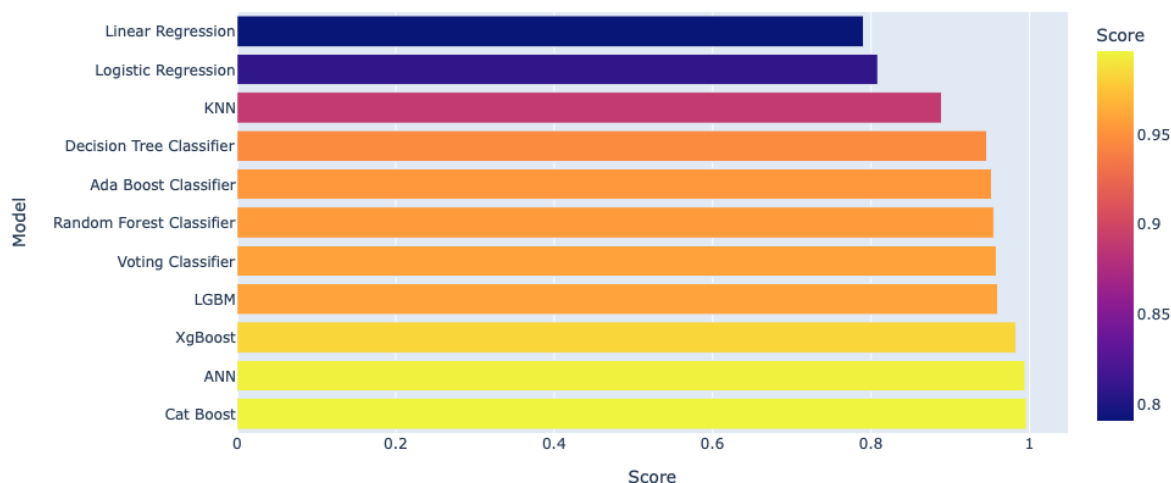


Рисунок 4 – Графічне порівняння точності прогнозу скасування бронювання

## ВИСНОВКИ

Найкращими методами для прогнозування скасування бронювання виявилися багатозаровий перцептрон та сучасні методи градієнтного бустінгу. Наслідком інтеграції розробленого програмного забезпечення у СППР готелю буде підвищення економічної ефективності готелю, що покращить позицію готелю серед конкурентів.

**Клименко М.С., Сімченко С.В.** (Інститут проблем штучного інтелекту МОН і НАН України)

## **ЗАСТОСУВАННЯ СЕМАНТИЧНОЇ МЕТРИКИ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ОСОБИ ЗА ЛІНГВІСТИЧНИМИ ОЗНАКАМИ МОВЛЕННЯ**

*Розглянуто сучасні завдання розпізнавання особи за голосом в умовах умисного спотворення акустичних ознак. Проаналізовано можливості використання лінгвістичних ознак для підвищення ефективності розпізнавання особи. Запропоновано використання семантичної метрики між словами для формування семантичних полів діалогу, тематики та особи, на основі чого удосконалено класифікацію фрагменту мовлення за дикторами.*

*Abstract. Modern tasks of recognizing a person by voice in the conditions of intentional distortion of acoustic features are considered. The possibilities of using linguistic features to increase the effectiveness of person recognition have been analyzed. The use of semantic metrics between words is proposed for the formation of semantic fields of dialogue, subject and person, based on which the classification of the speech fragment by announcers has been improved.*

Прикладне застосування методів розпізнавання особи за голосом є актуальним завданням у сферах автоматизації криміналістичних досліджень та розробки систем біометричної авторизації. У сучасних умовах інформаційної війни та воєнної агресії задача розпізнавання особи за голосом набула широкого застосування у OSINT-дослідників та фахівців розвідки.

Зважаючи на практичне застосування методів розпізнавання, з'являються нові виклики щодо навмисного спотворення акустичних ознак для обходу систем розпізнавання [1,2]. Дослідження з підвищення ефективності розпізнавання особи за фрагментами голосових повідомлень виконуються у двох напрямках: пошук нових акустичних ознак, які слабо піддаються примусовому спотворенню, та використання додаткової інформації як ідентифікаційних ознак. Дана робота орієнтована на вирішення завдання саме за другим напрямом. Лінгвоперсонологія, зокрема вітчизняна [3], пропонує низку напрацювань для підвищення ефективності розпізнавання особи в умовах, коли акустичні ознаки навмисно спотворені або не можуть бути обчислені через специфіку передачі звукового сигналу.

Близьким напрямом до завдання даної роботи є лінгвістичне дослідження авторства текст, де у ефективно застосовуються класифікатори на основі LSTM-тип рекурентних нейронних мереж [4], а також нейронних мереж, що включають мовні моделі глибинного навчання із механізмами уваги [5]. Особливістю більшості методів визначення авторства тексту є залучення пунктуаційних ознак, що значно підвищує ефективність підходів, особливо при опрацюванні діалогів у системах обміну повідомленнями, де специфічним є використання розривів між повідомленнями, емодзі, стікерів тощо. У даній роботі пунктуація не може бути залучена через необхідність роботи саме із голосовим сигналом.

Для створення ознакового опису особи було запропоновано використання статистичної характеристики вживання слів та їх комбінацій. З метою скорочення словнику застосовано фільтрацію множини навчальних вибірок на основі обчислення семантичної метрики між словами [6] та визначення підмножин слів, що статистично рівномірно розподілені між авторами. Отримання текстових даних із фрагментів звукозапису автоматизовано за допомогою попередньо навчених моделей машинного розпізнавання тексту Vosk [7].

Дослідження можливості підвищення ефективності розпізнавання особи за допомогою лінгвістичних ознак проводилось із залученням моделі для класифікації

акустичних образів із попередніх робіт [8]. Таким чином, реалізацію LSTM-моделі верифікації диктора за акустичними ознаками [9] поєднано із вектором статистичного розподілу вживання слів та словосполучень.

## ВИСНОВКИ

Запропонований підхід залучення семантичної метрики для формування вектору лінгвістичних ознак дозволив підвищити ефективність розпізнавання особи на 2-4% у порівнянні із розпізнаванням виключно за акустичними ознаками. Створення ознакового опису на основі семантичних метрик є альтернативною використання побудованих на трансформерах моделях глибинного навчання для завдань, що вимагають компактних або обчислювально легких засобів або мають вузьку спрямованість [10]. Використання словника великого розміру на даному етапі роботи не вирішує проблему перенавчання, що є можливим напрямом продовження дослідження.

## ЛІТЕРАТУРА

19. M. E. Özbek, M. A. Haytom, E. Cherrier (2018) *Recognition of biometric unlock pattern by GMM-UBM*. 26th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), Izmir, 2018. DOI: 10.1109/SIU.2018.8404345
20. Jones, K., Nurse, J. R., & Li, S. (2022). *Are You Robert or RoBERTa? Deceiving Online Authorship Attribution Models Using Neural Text Generators*. *Proceedings of the International AAAI Conference on Web and Social Media*, 16(1), 429-440. DOI: 10.1609/icwsm.v16i1.19304
21. Загнітко, А., Краснобаєва-Чорна, Ж., Жигай, А., Ситар, Г., Боднажєвська, А., Гаєвик, О., ... & Хмелькова, О. (2022). *Лінгвокомп'ютерні дослідження*, вип. 15. ISSN 2307-0544
22. Boenninghoff, B., Rupp, J., Nickel, R. M., & Kolossa, D. (2020). *Deep bayes factor scoring for authorship verification*. *arXiv preprint arXiv:2008.10105*.
23. Tyo, J., Dhingra, B., & Lipton, Z. C. (2022). *On the State of the Art in Authorship Attribution and Authorship Verification*. *arXiv preprint arXiv:2209.06869*.
24. Vakulenko, M. O. 2022a. *Semantic Comparison of Texts by the Metric Approach*. In: *Digital Scholarship in the Humanities*. Published online: 11 October 2022. DOI: 10.1093/llc/fqac059.
25. Dmytro V Lande, Oleg O Dmytrenko, Anatolij I Shevchenko, Mykyta S Klymenko, Maksym O Vakulenko, *Spoken language identification based on the transcript analysis*, *Digital Scholarship in the Humanities*, 2022;, fqac052, <https://doi.org/10.1093/llc/fqac052>.
26. Клименко М.С. Удосконалений метод розпізнавання емоційного стану диктора із семантичним аналізом змісту. *Stuc. intelekt*. 2018; 23; (1), с. 22-27
27. Wan, L., Wang, Q., Papir, A., & Moreno, I. L. (2018, April). *Generalized end-to-end loss for speaker verification*. In *2018 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)* pp. 4879-4883 arXiv:1710.10467v5
28. Shevchenko, A. I. and Klymenko, M. S. 2020. *Developing a Model of Artificial Conscience*. In: *Proceedings of the 2021 IEEE 16th International Conference on Computer Science and Information Technologies (CSIT), Lviv, Ukraine. Vol. 1, pp. 51–54.*

**Ковалевський С.В., Сидюк Д.М.** (Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ – Тернопіль, Україна)

## **ВИКОРИСТАННЯ NEURAL NETWORK MODELS ДЛЯ МАШИНОБУДУВАННЯ.**

*В роботі доведені висновки роботи авторів в напрямку використання нейромережних технологій для машинобудування, а саме надані основні види діяльності при моделюванні об'єктів і процесів, які пов'язані з технічною підготовкою виробництва для проблема оптимізації використання ресурсів у умовах, що швидко змінюються.*

*The paper proves the conclusions of the authors' work in the direction of using neural network technologies for mechanical engineering, namely, the main types of activities in the modeling of objects and processes, which are related to the technical preparation of production for the problem of optimizing the use of resources in rapidly changing conditions, are provided.*

Сьогодні дедалі більше актуалізується проблема оптимізації використання ресурсів у умовах, що швидко змінюються. Ускладнення постановок завдань оптимізації в машинобудуванні потребує особливого підходу до вибору апарату моделювання та оптимізації.

Великі можливості відкриває перед машинобудуванням застосування теорії мереж з нейроподібними елементами та розвиток нейромережних технологій. Ці можливості так само значно відрізняються від використання традиційних підходів, наскільки, скажімо, звичайна фотографія відрізняється від фотографічного голографічного. Справді, використання поняття модель-образ створює виняткові можливості застосування формальних методів за умов неповної чи швидко мінливої інформації.

В даний час можна говорити про те, що досить глибоко розроблено формальну теорію нейронних мереж. Вирішення різних завдань у нейромережевому логічному базисі стає можливим на основі використання багаторічного наукового доробку в цьому напрямку. Кількість таких завдань зростає стрімкими темпами, особливо зі збільшенням їхньої розмірності. Сьогодні можна говорити про універсальність нейромережних технологій, про те, що будь-яке завдання можна вирішити за їх використанням.

Нейромережні технології є сукупність певних етапів, вкладених у розробку нейросетевих моделей та його використання на вирішення поставлених завдань. Таким чином, основою нейромережних технологій є методологія створення нейромережних моделей та їх застосування у різних умовах. Можна сформулювати такі етапи нейромережевої технології:

1. Сформулювати завдання ідентифікації, діагностики та (або) управління.
2. Визначити стан та склад інформаційної бази для побудови нейромережевої моделі.
3. Побудувати інформаційну модель-образ модельованого об'єкта (процесу).
4. Дослідити модель-образ на відповідність реальному об'єкту (ступінь ідентифікації).
5. Дослідити сфери існування (діапазону ідентифікації об'єкта) моделі.
6. Сформулювати основні висновки, що відповідають постановці завдання.

Поданий список відповідає лише етапам побудови нейромережевої моделі. Однак не менш відповідальним є використання розроблених нейромережних моделей для вирішення практичних завдань.

В даний час найбільш розробленими питаннями є питання побудови рекурентних залежностей відповідно до основної парадигми нейроподібного відображення нелінійних перетворень. Також, досить багато робіт у галузі налаштування коефіцієнтів міжнейронних зв'язків у процесі навчання нейромережних моделей. Однак залишаються відкритими

питання оптимізації структури мереж з позицій достатності щодо швидкодії та можливих еволюцій систем керування.

Можна виявити досить багато областей застосування нейромережової технології на вирішення завдань машинобудування. Перерахуємо найважливіші завдання.

1. Розробка технологічних довідників. Цей напрямок є одним із найактуальніших. Справді, існуюча довідкова база формується як сукупність табличних даних на навчання нейросетевий моделі. Таким чином моделюється апроксимуючий поверхню в  $n$ -мірному просторі можливих довідкових значень. Апроксимуюча поверхня може нести інформацію не лише про кількісні зміни об'єкта, а й моделювати якісні переходи, що не завжди можливо при використанні традиційних моделей, створених на основі регресійного аналізу.

2. Розробка обчислювальних алгоритмів та їх реалізація. Ці алгоритми є складовими загальної системи аналізу та синтезу виробничих рішень.

3. Розробка діагностичних програмних засобів. Зазначена сфера застосування нейромережових технологій є найбільш актуальною, оскільки дозволяє використовувати найбільш адекватні моделі.

4. Розробка систем контролю якості. Ця область є досить перспективною за умов забезпечення відповідності вимог якості виробництва та виробів.

5. Розробка систем автоматизованого нормування. У разі обмеженості ресурсів, зокрема – часу, зазначена область стає основою для експрес-бюджетування й у остаточному підсумку – оцінки конкурентоспроможності продукції.

6. Розробка систем моніторингу та управління технологічними процесами. В умовах невизначеності здійснення виробничих і зокрема технологічних процесів такі системи повинні мати високий рівень ідентичності реальному об'єкту і підлаштовуватися під його зміни в реальному масштабі часу.

7. Розробка порадишників машинобудівника (технолога, керівника підприємства чи його підрозділу).

8. Розробка систем адаптивного управління технологічними, економічними та організаційними процесами. Створення еталонних моделей дозволяє проводити машинні експерименти з метою пошуку найефективніших технологічних чи управлінських рішень.

9. Прогнозування показників економічної діяльності машинобудівного підприємства. Фактично ця область є однією з найважливіших, проте потребує подальшого розвитку апарату прогнозування на основі нейромережових технологій.

10. Прогнозування технічних характеристик нових виробів машинобудівного виробництва. Формування комплексних моделей, що враховують технічні характеристики та показники якості продукції, що випускається, і показники виробничо-технологічної системи відкриває можливості для прогнозування найбільш ефективних напрямків технологічних і технічних рішень.

11. Маркетингові дослідження. Оскільки ці дослідження є комплексними, що вимагають обліку найрізноманітніших факторів виробничої діяльності машинобудівного підприємства, орієнтація на комплексні нейромережові моделі, здатні моделювати сукупність внутрішніх зв'язків у системі, що моделюється, дозволяє вирішувати найрізноманітніші завдання.

12. Активний експеримент у проведенні НДДКР. Ця особливість застосування нейромережових моделей робить етап технічної підготовки виробництва найбільш значущим та ефективним. На раціональних рішеннях НДДКР будується раціональна виробнича система.

13. Розробка середовища для інтегрованої системи традиційних моделей процесів та систем. Розмаїття математичних моделей, які враховують фізичну природу описуваних явищ, і навіть їх різноманітність ставить завдання створення адаптивної обчислювальної середовища, здатної використовувати різних умовах різні види моделей виробничих об'єктів.

Адаптивні та постійно розвиваються алгоритми звернення до таких моделей роблять нейромережеве середовище універсальним і самонавчальним.

14. Розробка інтелектуальних САПР. Все вищевикладені переваги застосування нейромережевих технологій у машинобудуванні відкриває широкі можливості для створення інтегрованого середовища автоматизованого проектування виробів машинобудування та синтезу технологічних процесів їхнього виробництва. Тут слід відзначити істотні переваги нейромережевого базису як основи обчислень об'єктів з розподіленими параметрами – напругами чи температурними полями у конструкціях тощо.

15. Створення моделей розробки механізмів мотивації праці. Оскільки ця галузь належить до слабоформалізуемим, а очікуваний результат є найперспективнішим з позицій управління процесами і якістю об'єктів, успішне вирішення завдань у цій галузі дозволить значно скоротити витрати виробництва та удосконалити його.

16. Створення моделей структури управління підприємством та його розвитку. Ця область є найбільш складною, проте в даний час існують підходи, що дозволяють на основі створення таких моделей простежити еволюцію систем керування виробництвом з урахуванням її особливостей.

17. Розробка інтелектуальних тренажерів. Можливість створення системи емуляторів конкретних об'єктів та процесів надає можливість відпрацювання на нік умінь та навичок учасників виробничого процесу.

18. Створення комп'ютерних систем (мереж) за Lon Work – технології та сітьових виробництв.

На основі вирішення поставлених завдань складається можливість організації віртуальної лабораторії, де на основі комплексу нейромережевих моделей може здійснюватися пошук подальших шляхів та методів підвищення ефективності машинобудівного виробництва. Зокрема – цей напрямок можна охарактеризувати як моделювання та оптимізацію економічних систем та бізнес-процесів машинобудівного підприємства.

**Мельников О.Ю., Козуб Д.С.** (Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

## **ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОТИЕПІДЕМІЧНИХ ЗАХОДІВ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЗМІНИ ВІДСОТКА ІНФІКОВАНИХ ТА ПЕРЕНЕСЕНИХ ХВОРОБ У ТЯЖКІЙ ФОРМІ**

*Розглянуто проблему вивчення впливу протиепідемічних заходів на відсоток інфікованих пандемічним захворюванням. Описано створений раніше додаток, який дозволяє здійснювати оброблення інформації щодо вакцинованих осіб. Сформульовано задачу розробки спеціалізованого програмного забезпечення – системи підтримки прийняття рішень для оцінювання ефективності протиепідемічних заходів та прогнозування зміни відсотка інфікованих та перенесених хвороб у тяжкій формі. Описано застосування двох перцептронів: один з п'яти вхідних нейронів, двох вихідних і п'яти нейронів прихованого шару, другий – з шістьох вхідних нейронів, одного вихідного і п'яти нейронів прихованого шару. Наведено приклад розв'язання задачі у середовищі аналітичного пакета. Результати свідчать про досягнення належної точності.*

*The problem of studying the impact of anti-epidemic measures on the percentage of people infected with a pandemic disease is considered. The previously created application is described, which allows processing of information about vaccinated persons. The task of developing specialized software - a decision support system for evaluating the effectiveness of anti-epidemic measures and forecasting changes in the percentage of infected and transmitted diseases in a severe form has been formulated. The use of two perceptrons is described: one with five input neurons, two output neurons and five hidden layer neurons, the second one with six input neurons, one output neuron and five hidden layer neurons. An example of solving the problem in the environment of the analytical package is given. The results indicate that the appropriate accuracy has been achieved.*

COVID-19 (SARS-CoV-2) є небезпечним захворюванням, яке може протікати як у формі гострої респіраторної вірусної інфекції легкого перебігу, так і у важкій формі. Вакцинація є одним з найкращих методів для захисту від COVID-19. Хоч він не дає 100% гарантії захисту від COVID-19, але забезпечує проходження хвороби у легкій формі, без ускладнень та гарантує швидке одужування [1-3]. Створення та використання спеціалізованого програмного забезпечення для оцінювання ефективності протиепідемічних заходів та прогнозування зміни відсотка інфікованих та перенесених хвороб у тяжкій формі може здійснити суттєвий вплив щодо покращення ситуації у цьому напрямку.

Наразі немає спеціалізованих програмних засобів або онлайн сервісів, які забезпечували б розв'язання поставленої задачі. Автори спроектували [4] та реалізували [5] додаток – програмне забезпечення для моніторингу вакцинованих студентів у навчальному закладі, але він не розв'язував задачі вивчення ефективності протиепідемічних заходів та прогнозування кількості хворих або одужалих.

Основна ідея: є статистичні дані (щомісячні) про збільшення відсотка інфікованих під час епідемії (пандемії) та тих, хто переносить хворобу у тяжкій формі, а також переліку протиепідемічних заходів, що застосовуються в цей період у даному регіоні [6-7]. (Під поняттям «регіон» мається на увазі місто, район або область, керівництво якого наділене повноваженнями вводити або скасовувати будь-які протиепідемічні заходи, і переміщення за межі якого можна суттєво обмежити). Завдання – оцінити ефективність вжитих протиепідемічних заходів і здійснити прогнозування зміни відсотка інфікованих і тих, хто переносить хворобу у тяжкій формі.

**МОЖНА ВИДІЛИТИ ТАКІ ВХІДНІ ФАКТОРИ НАШОЇ ПРОГНОЗНОЇ МОДЕЛІ:**

– обов'язковий «масковий режим» (Masks);



- введення карантину, тобто скасування масових заходів, встановлення антисептиків у всіх адміністративних закладах тощо (Quarantine);
- введення дистанційного навчання у навчальних закладах (Distance\_Learning);
- можливість вільного вакцинування (Vaccine\_optional);
- запровадження обов'язкового вакцинування (Vaccination\_is\_mandatory);
- відсоток вакцинованих (Percentage\_of\_Vaccinated).

Вихідні фактори:

- зміна відсотка інфікованих (Infected);
- зміна відсотка тих, хто переносить хворобу у тяжкій формі (Severe\_cases).

Частина факторів є біноміальними, а частина – числовими безперервними. Також слід зазначити, що для другої задачі (тобто розрахунку змінення відсотка тих, хто переносить хворобу у тяжкій формі) зміна відсотка інфікованих може стати додатковим вхідним фактором.

Region	Masks	Quarantine	Distance	Vaccin	Vaccination_is_m	Percentage	Infected	Severe_cases
Kyivskiy	0	1	0	0	0	11,98	42,12	17
	1	1	1	0	0	20,15	38,62	13,8
	1	1	1	1	0	44,22	24,13	9,3
	1	1	1	1	1	47,28	13,53	5
Donetsk	0	1	0	0	0	7,2	29,74	16,1
	1	1	1	0	0	9,06	18,12	12,1
	1	1	1	1	0	13,67	11,62	8,7
	1	1	1	1	1	15,59	5,49	5,9
Dnipro	0	1	0	0	0	18,74	36,12	15,9
	1	1	1	0	0	36,12	24,35	14,1
	1	1	1	1	0	40,48	15,24	8,1
	1	1	1	1	1	44,49	10,32	6,2
Kharkiv	0	1	0	0	0	13,86	37,14	15,9

Рисунок 1 – Приклад вхідних даних

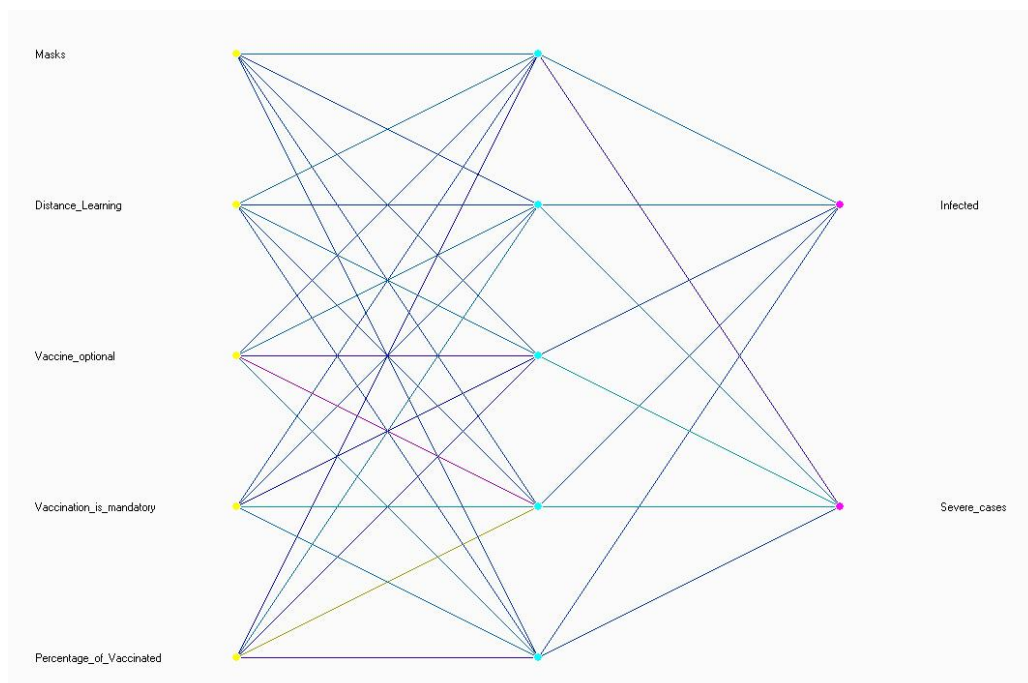


Рисунок 2 – Архітектура нейронної мережі MLP 5x5x2

Далі задачу прогнозування можна розв'язувати різними методами. Для прикладу наведемо рішення в середовищі Deductor Studio Lite методом штучних нейронних мереж. Архітектуру мережі (багатошаровий перцептрон 5x5x2, 5 нейронів в одному прихованому

шарі, різновид нейронної мережі – перцептрон, метод навчання – зворотне поширення помилок, функція активації – сигмоїда) зображено рис. 2., результати розрахунків – на рис. 3. Використання моделі для прогнозування (рис. 4) показує, що введення обов'язкового вакцинування знижує зростання відсотка інфікованих на 1,5%, а відсотка хворих на тяжку форму – майже вдвічі.

Region	Masks	Quarantine	Distance_Learning	Vaccine_optional	Vaccination_is_mandatory	Percentage_of_Vaccinated	Infected	Infected_OUT	Severe_cases	Severe_cases_OUT
Kyivskiy	0	1	0	0	0	11,98	42,12	40,0011845051581	17	16,2594789214857
	1	1	1	0	0	20,15	38,62	31,5073371423768	13,8	12,7079860174533
	1	1	1	1	0	44,22	24,13	22,2751043213315	9,3	9,07407487381311
	1	1	1	1	1	47,28	13,53	13,7672176085666	5	5,8328569195621
Donetsk	0	1	0	0	0	7,2	29,74	29,7524126142231	16,1	16,1119646870169
	1	1	1	0	0	9,06	18,12	18,0910727227571	12,1	12,160797671705
	1	1	1	1	0	13,67	11,62	11,6165701472529	8,7	8,70052889732756
	1	1	1	1	1	15,59	5,49	5,6950006105068	5,9	5,86440295309101
Dnipro	0	1	0	0	0	18,74	36,12	39,4742872189235	15,9	16,6048910945423
	1	1	1	0	0	36,12	24,35	22,4997959748433	14,1	13,1909857015608
	1	1	1	1	0	40,48	15,24	21,7699517800451	8,1	9,07756215042054
	1	1	1	1	1	44,22	11,62	11,6165701472529	8,7	8,70052889732756

Рисунок 3 – Результати розрахунків

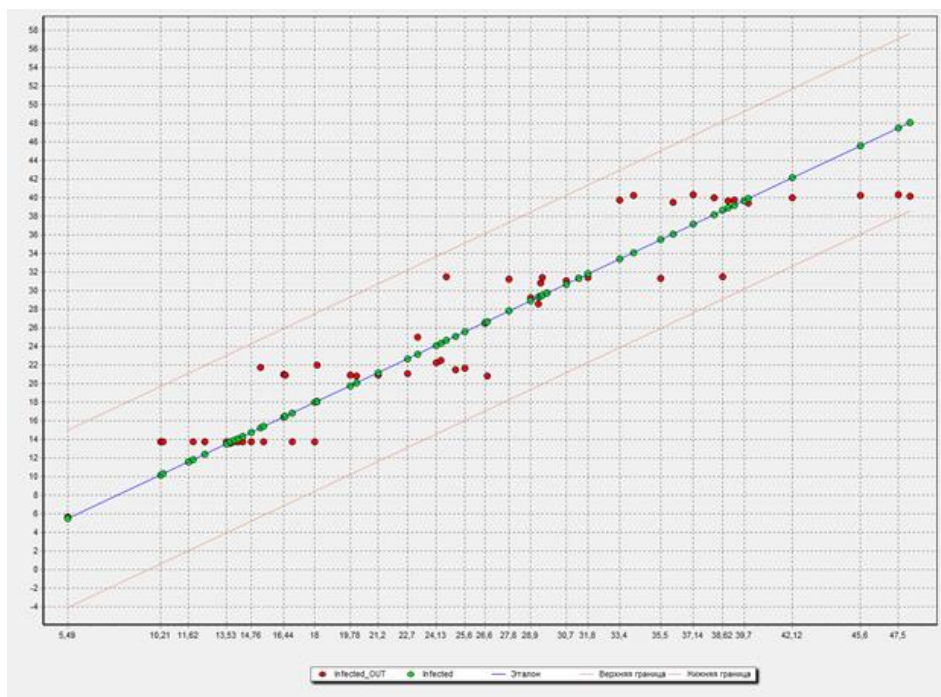


Рисунок 4 – Діаграма розсіювання

Поле	Значение
<b>Входные</b>	
9.0 Masks	1
9.0 Distance_Learning	1
9.0 Vaccine_optional	1
9.0 Vaccination_is_m...	0
9.0 Percentage_of_V...	11,98
<b>Выходные</b>	
9.0 Infected	7,30212563642563
9.0 Severe_cases	12,039951740415

Поле	Значение
<b>Входные</b>	
9.0 Masks	1
9.0 Distance_Learning	1
9.0 Vaccine_optional	1
9.0 Vaccination_is_m...	1
9.0 Percentage_of_V...	11,98
<b>Выходные</b>	
9.0 Infected	5,96719201285787
9.0 Severe_cases	5,04274222547166

Рисунок 5 – Використання моделі для прогнозування

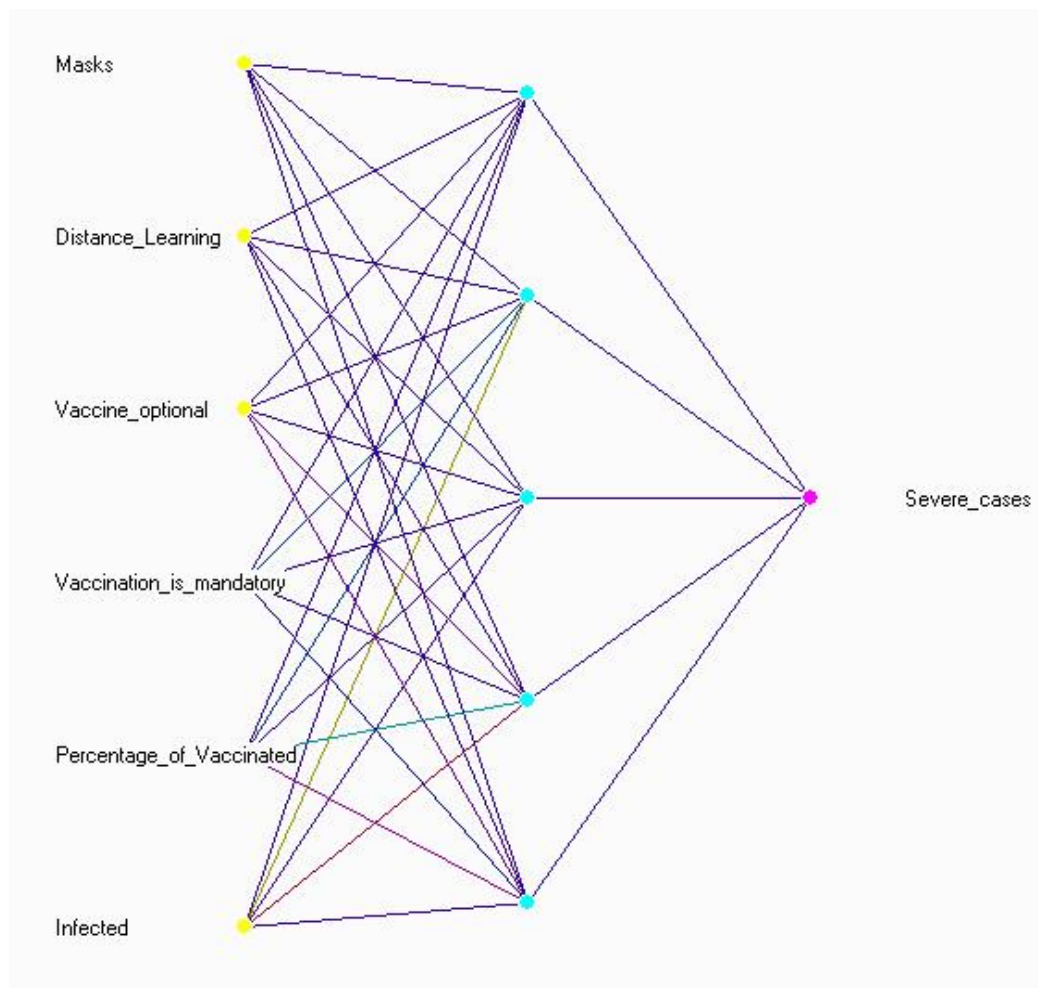


Рисунок 6 – Архітектура нейронної мережі MLP 6x5x1

Region	Masks	Quarantine	Distance_Learning	Vaccine_optional	Vaccination_is_mandatory	Percentage_of_Vaccinated	Infected	Severe_cases	Severe_cases_OUT
Kyivskiy	0	0	0	0	0	11.98	42.12	17	16.5968200014042
	1	1	1	1	0	20.15	38.62	13.8	13.5850106472044
	1	1	1	1	1	44.22	24.13	9.3	9.25066768957847
	1	1	1	1	1	47.28	13.53	5	5.56984916349088
Donetsk	0	0	0	0	0	7.2	29.74	16.1	16.0905135834117
	1	1	1	1	0	9.06	18.12	12.1	12.0053703710401
	1	1	1	1	1	13.67	11.62	8.7	8.70262419392325
	1	1	1	1	1	15.59	5.49	5.9	5.89967206868655
Dnipro	0	0	0	0	0	18.74	36.12	15.9	16.2063643248102
	1	1	1	1	0	36.12	24.35	14.1	13.5030032634019
	1	1	1	1	1	40.48	15.24	8.1	8.03483553567287
	1	1	1	1	1	44.49	10.32	6.2	5.57011853583305
Kharkiv	0	0	0	0	0	13.86	37.14	15.9	16.5974599490611
	1	1	1	1	0	21.35	24.66	13.1	13.289830195393
	1	1	1	1	1	35.82	16.44	8.9	9.23042643863035
	1	1	1	1	1	42.05	11.84	6.9	5.57062560538636
Odesa	0	1	0	0	0	16.34	48.1	16.3	16.238427752243
	1	1	1	1	0	24.8	31.35	12.9	12.8848969927933
	1	1	1	1	1	32.28	19.78	9.8	9.64795879215781
	1	1	1	1	1	36.15	14.13	5.1	6.20086993621625
Lviv	0	1	0	0	0	18.3	38.9	16.4	16.1602925331719
	1	1	1	1	0	24.7	35.5	15.9	10.4124920551047
	1	1	1	1	1	36.23	22.7	11.1	10.6256685179737
	1	1	1	1	1	40.37	12.42	6.1	5.57122341945202
Poltava	0	0	0	0	0	14.54	47.5	17.1	16.5875079592013
	1	1	1	1	0	35.41	23.2	9.9	10.1780494793132
	1	1	1	1	1	42.01	18.1	7.1	7.13688340077294
	1	1	1	1	1	46.34	14.76	5.1	5.57008133271427
Zaporozhye	0	0	0	0	0	18.4	39.7	16.5	16.0668088921049
	1	1	1	1	0	29.8	29.3	15.8	13.9348789533938
	1	1	1	1	1	32.64	26.7	10.7	11.126631391746
	1	1	1	1	1	36.32	13.93	7.2	6.16761469206792
Vinnitsia	0	0	0	0	0	13.2	34.1	15.9	16.5978250984876

Рисунок 7 – Результати розрахунків

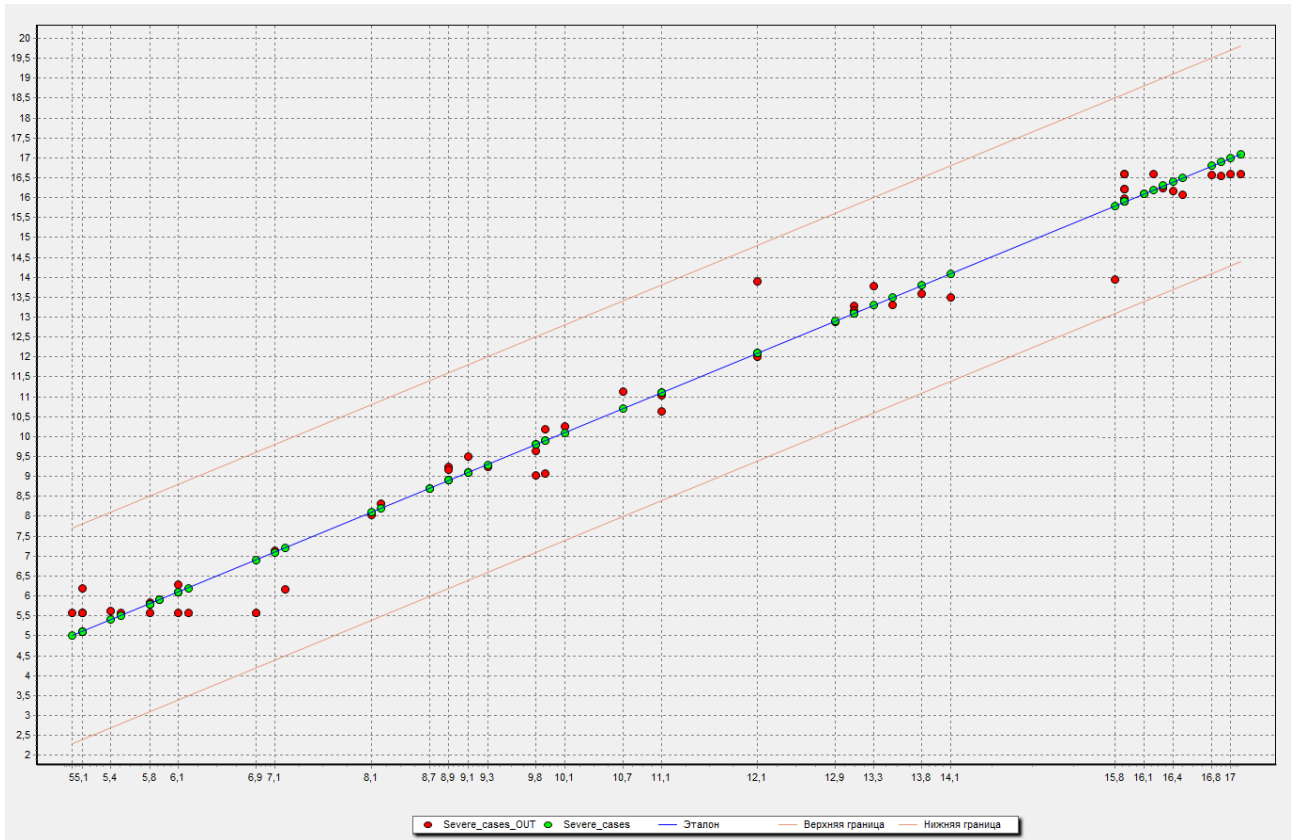


Рисунок 8 – Діаграма розсіювання

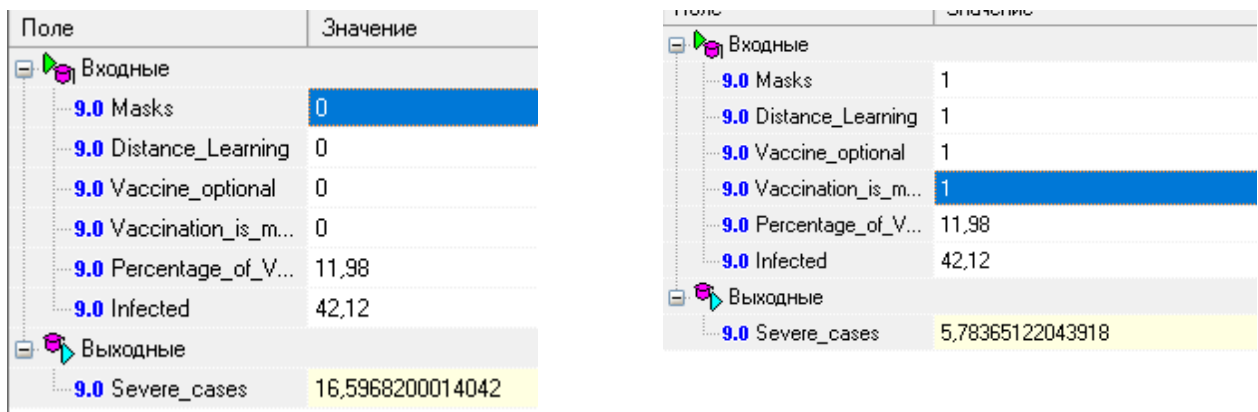


Рисунок 9 – Використання моделі для прогнозування

## ВИСНОВКИ

Було сформульовано задачу створення спеціалізованого програмного забезпечення для оцінювання ефективності протиепідемічних заходів та прогнозування зміни відсотка інфікованих та перенесених хвороб у тяжкій формі, яке може здійснити суттєвий вплив щодо покращення ситуації у цьому напрямку. Описано застосування двох перцептронів: один з п'яти вхідних нейронів, двох вихідних і п'яти нейронів прихованого шару, другий – з шістьох вхідних нейронів, одного вихідного і п'яти нейронів прихованого шару. Наведено приклад розв'язання задачі у середовищі аналітичного пакета. Результати свідчать про досягнення належної точності.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. COVID-19. [Электронный ресурс]. Доступно: <https://en.wikipedia.org/wiki/COVID-19>. Дата звернення: 21.11.2022р.
2. COVID-19 pandemic in Ukraine. [Электронный ресурс]. Доступно: [https://en.wikipedia.org/wiki/COVID-19\\_pandemic\\_in\\_Ukraine](https://en.wikipedia.org/wiki/COVID-19_pandemic_in_Ukraine). Дата звернення: 21.11.2022р.
3. Вакцинація проти COVID-19 в Україні. [Электронный ресурс]. Доступно: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Вакцинація\\_проти\\_COVID-19\\_в\\_Україні](https://uk.wikipedia.org/wiki/Вакцинація_проти_COVID-19_в_Україні). Дата звернення: 21.11.2022р.
4. Козуб Д. С., Мельников О. Ю. Постановка задачі розробки програмного забезпечення для відстежування вакцинованих студентів в навчальному закладі // Молодь і наука: виклики та перспективи: збірник тез наукової конференції молодих вчених 16 грудня 2021 р. – Краматорськ: Донецька обласна державна адміністрація, Рада молодих вчених при Донецькій облдержадміністрації, 2021. – С. 144-145.
5. Мельников О. Ю., Козуб Д. С. Розробка програмного забезпечення для моніторингу вакцинованих студентів у навчальному закладі // Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку: матеріали Всеукраїнської науково-практичної Internet-конференції. – Черкаси, 2022. – С. 57-59
6. Коронавірус в Україні - Статистика [31.10.2022] - Карта заражень, графіки. [Электронный ресурс]. Доступно: <https://index.minfin.com.ua/ua/reference/coronavirus/ukraine>. Дата звернення: 21.11.2022р.
7. Вакцинація від коронавірусу в Україні - Статистика 23.02.2022 - Мапа, графіки. [Электронный ресурс]. Доступно: <https://index.minfin.com.ua/ua/reference/coronavirus/vaccination/ukraine/>. Дата звернення: 21.11.2022р.

**Шевчук О.Ф., Хасцька О.П., Ковалевський С.В.** (Вінницький національний аграрний університет, Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ – Тернопіль, Україна)

## **ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗВИТКУ СКЛАДНИХ СИСТЕМ НА ПІДСТАВІ НЕЙРОМОДЕЛЕЙ.**

*В роботі показано, що сучасні компанії будують свої стратегії інноваційного розвитку на оперуванні великими даними, які формуються в процесі функціонування виробничої системи і в процесі її взаємодії з зовнішнім середовищем. Вони створюють системи, що здійснюють збір і аналіз ідей і пропозицій щодо розвитку виробничої системи, а також приймають рішення в області реалізації інноваційних проектів на основі ресурсів штучного інтелекту. Надані завдання, які вирішуються за допомогою інтелектуальних моделей, зокрема побудованих на нейронних мережах.*

*The work shows that modern companies build their innovative development strategies on the basis of big data, which is formed in the process of functioning of the production system and in the process of its interaction with the external environment. They create systems that collect and analyze ideas and proposals for the development of the production system, as well as make decisions in the field of implementation of innovative projects based on artificial intelligence resources. Tasks are provided that are solved using intelligent models, in particular, built on neural networks.*

Привабливість країн і регіонів, концентрація в них кваліфікованої робочої сили, ресурсів, виробничих потужностей, а разом з ними освітніх установ, підприємств високотехнологічного виробництва, інфраструктурних та культурних об'єктів безпосередньо залежить від ступеня озброєності штучним інтелектом. Технології і виробництво є секторами з найбільшим потенціалом трансформацій за допомогою ШІ. Штучний інтелект стає ключовим елементом виробничих систем, який дозволяє будувати інтелектуальні системи управління інноваційною діяльністю, а також розвивати розумні системи просування інноваційної продукції.

Нові (інноваційні) цифрові технології підривають традиційні підходи до автоматизації виробництва і бізнесу. Розвиток виробничих систем направлений на заміщення людського інтелекту засобами машинного управління на основі використання засобів цифрового менеджменту і активного залучення в мережеву структуру управління можливостей штучного інтелекту.

Комбінаторні процеси оптимізують планування виробництва і послідовності робіт. Перевага цієї процедури полягає в усуненні конкуруючих цілей в сенсі всеосяжних стратегій з урахуванням специфікацій конкретного підприємства.

Управління інноваційною діяльністю в сучасних виробничих системах засноване на використанні значного обсягу даних. Сучасні компанії будують свої стратегії інноваційного розвитку на оперуванні великими даними, які формуються в процесі функціонування виробничої системи і в процесі її взаємодії з зовнішнім середовищем. Вони створюють системи, що здійснюють збір і аналіз ідей і пропозицій щодо розвитку виробничої системи, а також приймають рішення в області реалізації інноваційних проектів на основі ресурсів штучного інтелекту.

Зараз роль систем штучного інтелекту в інноваційній діяльності в умовах множинності суб'єктів з різнорідними системами визначення мети й мотивами поведінки, неточності і динамічності їх цілей і завдань вивчена недостатньо.

Ключовою компетенцією управлінців в мережевій виробничої системі стає вміння організувати масову творчість зацікавлених, нейтральних і незацікавлених людей, цілеспрямована розумова активність яких утворює інтелект соціуму.

Налаштування та постійна перебудова виробничої системи - це складні та трудомісткі процеси. Комплексна інженерна платформа підтримує виробництво інженерів у цьому процесі та суттєво зменшує виробництво Інженерна платформа: від 3D-моделі продукту до кінцевої концепції виробництва.

Зміна характеру роботи в виробничих системах з використанням штучного інтелекту вплине на всіх працівників усіх рівнів кваліфікації. Буде менше рутини і повторювана робота, заснована на заснованій на правилах діяльності, оскільки це може бути автоматизовано для багатьох професій та галузей. Це, в свою чергу, означитиме, що може знадобитися багатьом працівникам набувати нових навичок. Робоче місце стане постійним більше місця взаємодії людей та технологій продуктивне. Основна частина більшості людських робіт включатиме спільна робота зі штучним інтелектом, робототехнікою, та інших технологій. Автоматизація вплине більше ніж різні робочі дії: процеси та процедури також, ймовірно, теж доведеться адаптуватися. Це в свою чергу матиме глибокі наслідки для структури робочого місця і організацію. Для самих техніків автоматизація може змінити робоче місце та їх ролі.

Застосування нейромережних технологій у наукових дослідженнях і у виробничих цілях вже давно стало досить поширеним явищем. Будучи легко адаптованим інструментом, що дозволяє з достатньою для практики точністю моделювати об'єкти з їх відгуків, одержуваним або в процесі експерименту або в реальних умовах для суто прагматичних цілей, він знаходить як прихильників так і опонентів. Основні переваги використання нейроподібних елементів для конструювання обчислювальних систем полягають у основній парадигмі побудови нейронних мереж – «усі нейроподібні елементи пов'язані з усіма». Відмінності у трактуванні цієї парадигми видаються у вигляді різних відомих видів архітектур нейронних мереж. У зв'язку з цим можна відзначити, що найбільш повним, на наш погляд, є створення нейронних мереж – «гомеостатів», які фактично відображають широке визнання як в Україні так і за її межами метод групового обліку аргументів. Застосування таких «нейромережних гомеостатів» дозволило вирішити низку таких завдань, як:

- управління ефективністю використання основних фондів підприємств;
- формування особистісних якостей студентів вишу;
- структурна оптимізація виробничих процесів і т.п.;

Вирішення багатьох практичних завдань на нейромережевому базисі цілком коректно досягається і при застосуванні широко поширених інструментальних засобів, серед яких особливо слід відзначити відомий нейромережевий пакет NeuroPro-0. Маючи прозору ідеологію, гнучке налаштування, зручність застосування і можливість інтерпретації результатів, цей пакет цілком виправдано може широко використовуватися в наукових дослідженнях. У поєднанні з традиційними засобами перевірки адекватності створених моделей такий підхід може бути рекомендований як свого роду стандарт, але за умови забезпечення однорідності даних, що використовуються, а також правильного поєднання рівнів похибки навчальних і тестових множин. До недоліків цього пакета можна віднести використання dbf - формату вихідних даних і відсутність графічного інтерфейсу для інтерпретації отриманих результатів. Однак зручність застосування та оптимізаційні функції щодо архітектури мережі роблять цей пакет кращим для вирішення більшості прикладних завдань, що відносяться до класу «навчання з учителем». У зв'язку з цим, у рамках розвитку напряму застосування нейромережних технологій, розроблено методичні підходи та вирішено завдання оптимального проектування виробничих процесів та управління ними для:

Більшість завдань оптимальної кластеризації, які стосуються класу «навчання без вчителя» успішно вирішується із застосуванням пакетів класу Data Mining. Широко відомі карти Кохонена дозволяють вирішувати завдання, що ґрунтуються на застосуванні таких

комплексно-інформативних ознак, як частотний спектр власних коливань виробів. Застосування зазначених ознак для кластеризації об'єктів за сукупністю відомих і невідомих характеристик, дозволяє ставити і розв'язувати задачі не тільки кластеризації, а й завдання забезпечення якості об'єкта. Це, зокрема, такі завдання, як:

- Оцінка відповідності параметрів об'єктів необхідному (заданому) полю допусків;
- Визначення абсолютних значень параметрів якості об'єктів в межах заданих полів допусків;
- Створення алгоритмів поведінки об'єктів у слабо певному середовищі;
- Оцінка якості виробів за багатьма якісними та кількісними ознаками.

Еволюція парадигми штучного нейроподобного елемента дає підстави припустити, що подальші роботи в цьому напрямку слід здійснювати в напрямку створення самообчислювальних конструкцій, що саморозвиваються в  $n$ -мірному просторі на основі клітинних автоматів. У зв'язку з цим необхідно відповісти на такі питання:

- якими мають бути правила клітинних автоматів;
- як має бути представлено багатовимірне простір клітинних автоматів;
- як забезпечити нескінченні можливості еволюції клітинних автоматів на кінцевому клітинному полі;
- як слід тестувати моделі на таких множинах клітинних автоматів;
- яка ефективність вирішення практичних завдань на запропонованому обчислювальному базисі.

Нами виконуються дослідження, що дозволяють відповісти на ці запитання і вже отримані певні результати, що дозволяють намітити ряд перспективних наукових напрямів, частина з яких представлена наступним переліком:

- наукове забезпечення подальшого розвитку систем та засобів штучного інтелекту для створення експертних та керуючих систем нового покоління;
- наукове забезпечення проектування та створення еволюційних алгоритмів;
- фізичне моделювання систем штучного інтелекту;
- дослідження можливостей реалізації квантової математики на основі моделюючих систем;
- наукове забезпечення підвищення ефективності системно-інформаційних засобів розвитку регіональних інфраструктур;
- наукове забезпечення інтелектуального моделювання процесів розвитку та подолання надзвичайних соціальних, екологічних, виробничих та економічних ситуацій;
- створення комплексу систем інтелектуального управління виробничим процесом;
- створення комплексу систем інтелектуального управління технологічною підготовкою виробництва;
- створення комплексу систем інтелектуального управління енергозберігаючими процесами

Таким чином, в даний час не тільки не можна нейромережне моделювання розглядати як повністю розроблений науковий напрямок, але слід продовжувати розширювати діапазон наукового пошуку і практичного застосування отриманих результатів.



Ізонін І. В., Ткаченко Р. О., Сидор М. С., Підкостельний Р. Р. (Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів)

## ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ РОБОТИ ДВОКРОКОВОГО МЕТОДУ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ДАНИХ

*У роботі розглядається задача підвищення точності роботи двокрокового методу класифікації даних, Мета роботи досягається за рахунок модифікації процедури кластеризації, що виконується на першому кроці методу. Модифікація полягає у врахуванні залежної змінної під час кластеризації, що забезпечує підвищення точності визначення компактних множин точок у заданому наборі даних. Експериментальні дослідження на медичному наборі даних підтвердили суттєве підвищення точності двокрокового методу класифікації даних на основі шести лінійних методів машинного навчання із використанням запропонованого підходу*

*The paper considers the task of increasing the accuracy of the two-step data classification method, which is implemented by modifying the clustering procedure performed at the first step of the method. The modification consists in taking into account the dependent variable during clustering, which ensures an increase in the accuracy of determining compact sets of points in a stated dataset. Experimental studies on a medical dataset confirmed a significant increase in the accuracy of the two-step data classification method based on the six linear machine learning algorithms using the proposed approach*

Підвищення точності інтелектуального аналізу даних є важливою задачею в різних прикладних областях. Існуючі методи машинного навчання не завжди забезпечують достатній рівень точності класифікації/прогнозу для їх використання на практиці. Саме тому, в останні роки почали розвиватися гібридні методи інтелектуального аналізу [1, 2]. В їх основі покладено сумісне використання процедур кластеризації та класифікації/регресії. Такий підхід забезпечує підвищення точності класифікатора/регресора на основі машинного навчання.

Один із популярних напрямків досліджень у цій області [1] передбачає використання кластеризації великих наборів даних та подальшу роботу класифікатора/регресора в межах кожного окремого кластера. Як показують результати експериментальних досліджень, такий підхід демонструє підвищення точності аналізу даних. Проте, необхідність роботи в межах кожного окремого кластера накладає ряд обмежень на його використання, зокрема для аналізу коротких наборів даних, де кластери можуть містити дуже малу кількість спостережень, не придатну для застосування класифікаторів чи регресорів на основі машинного навчання.

З метою уникнення вищевказаного недоліку, у роботі [2] авторами розроблено двокроковий метод інтелектуального аналізу, який також базується на використанні кластеризації з подальшим врахуванням її результатів обраним класифікатором/регресором. В цьому випадку, на першому кроці методу, відбувається кластеризації даних для визначення компактних множин точок у заданому наборі даних. Другий крок передбачає розширення простору вхідних даних задачі маркерами приналежності спостережень до кожного із визначених компактних множин точок. Саме на такому, розширеному наборі даних відбуватиметься процес класифікації/апроксимації методами машинного навчання.

Загалом, ефективність роботи вищеописаних методів, великою мірою залежить від кількості та якості навчальних даних, кількості атрибутів та взаємозв'язки між ними, а також від ефективності роботи обраного методу кластеризації. Це дослідження орієнтовано власне на покращення процедури кластеризації у двокроковому методі класифікації даних.

Метою цієї роботи є підвищення точності роботи двокрокового методу інтелектуального аналізу даних за рахунок підвищення ефективності процедур кластеризації на першому кроці методу.

Двокроковий метод апроксимації даних з [2] передбачає виконання процедур кластеризації із використанням методу *k-means* на основі усіх незалежних атрибутів з набору. У цій роботі ми пропонуємо виконувати кластеризацію з врахуванням також і залежного атрибуту. Такий підхід забезпечить підвищення точності класифікатора/регресора двокрокового методу. В цьому випадку відбудеться невелика модифікації процедури навчання і застосування двокрокового методу класифікації. Кластеризація навчальної вибірки відбудеться без змін за винятком додавання нового додаткового атрибуту. Кластеризація тестової вибірки відбуватиметься шляхом віднесення кожного спостереження до якоїсь із компактних множин точок на основі центрів кластерів, отриманих для навчальної вибірки.

Моделювання відбувалося на прикладі розв'язання задачі класифікації із використанням шести лінійних класифікаторів із бібліотеки Python та набору даних з [3]. Задача полягала у віднесенні кожного із 294 векторів з 13 атрибутами до одного із двох класів. Набір даних було очищено від пропусків, категоріальні змінні перетворено на індикаторні (бінарні). Оброблений набір нормалізувався із використанням функції `MinMaxScaler()`. Для моделювання досліджуваних методів обрано базові параметри алгоритмів машинного навчання. Кількість кластерів методу *k-means* становила 6. Результати зведено на рис. 1.

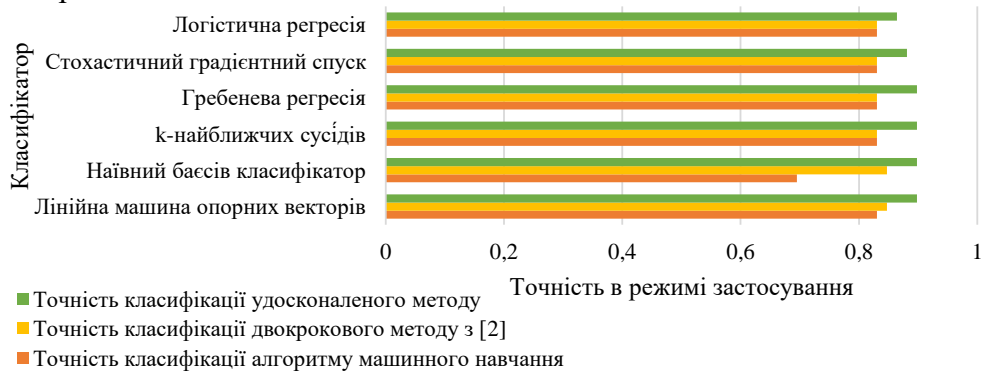


Рисунок 1 Точність роботи базового та двокрокових методів класифікації медичних даних

Як видно з рис. 1 метод з [2] забезпечує підвищення точності в порівнянні із деякими базовими алгоритмами машинного навчання. Проте суттєве підвищення точності по усім 6 алгоритмам машинного навчання отримано для двокрокового методу класифікації із використанням запропонованого підходу до кластеризації набору даних на першому кроці методу. Отримані результати забезпечують можливість використання удосконаленого методу на практиці.

## ВИСНОВКИ

У роботі розглядається задача підвищення точності роботи двокрокових методів інтелектуального аналізу даних шляхом модифікації процедури кластеризації на першому кроці методу. Такий підхід забезпечив підвищення точності визначення компактних множин точок. Експериментальні дослідження на вільнодоступному наборі медичних даних із використанням шести лінійних методів машинного навчання підтвердили суттєве підвищення точності роботи удосконаленого двокрокового методу класифікації із використанням запропонованого підходу.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Shakhovska N. *The hierarchical classifier for covid-19 resistance evaluation* / N. Shakhovska, I. Izonin, N. Melnykova // *Data*. — 2021. — Vol. 6, No. 1. — P. 6.
2. Міщук О. С. *Нейроподібні методи та засоби прогнозування параметрів забруднення атмосферного повітря: автореф. дис. ... к. т. н. : 05.13.23 - Системи та засоби штучного інтелекту*. — 2021 — укр.
3. *Heart Attack Prediction*. [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://www.kaggle.com/datasets/immikhilanand/heart-attack-prediction> (дата звернення: 26.10.2022).

**Ляпкало Ю.А.** (Інститут інформаційних технологій в економіці Київського економічного університету імені Вадима Гетьмана, Україна)

## МОЖЛИВОСТІ НЕЙРОМОРФНИХ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ АЛГОРИТМІВ І ПРОГРАМ

*Анотація:* Нейроморфні обчислювальні технології матимуть важливе значення для майбутніх обчислень, але більша частина роботи в нейроморфних обчисленнях зосереджена на розробці апаратного забезпечення. Пропоную розглянути останні результати нейроморфних обчислювальних алгоритмів і додатків. Висвітлити характеристики нейроморфних обчислювальних технологій, які роблять їх привабливими для майбутнього обчислювальної техніки, та можливості майбутнього розвитку алгоритмів і додатків у цих системах.

*Abstract:* Neuromorphic computing technologies will be important for the future of computing, but much of the work in neuromorphic computing has focused on hardware development. Here, we review recent results in neuromorphic computing algorithms and applications. We highlight characteristics of neuromorphic computing technologies that make them attractive for the future of computing and we discuss opportunities for future development of algorithms and applications on these systems. *Keywords:* Neuromorphic computing technologies; Neural Network Model; Hardware; General Neural Network; Correlation Neural Network

Обчислювальна спільнота все більше звертає увагу на нові технології, щоб забезпечити постійне покращення продуктивності. Однією з таких нових обчислювальних технологій є нейроморфні комп'ютери. У міру того, як галузь продовжує розвиватися та з появою широкомасштабних можливостей фінансування обчислювальних систем, натхненних мозком, такі проекти, як DARPA Synapse та проект Європейського Союзу «Мозок людини» та термін «нейроморфний» стали набирати популярність.

У нейроморфному комп'ютері як обробка, так і пам'ять керуються нейронами та синапсами. Програми в нейроморфних комп'ютерах визначаються структурою нейронної мережі та її параметрами, а не явними інструкціями. Крім того, у той час як інші комп'ютери кодують інформацію як числові значення, представлені двійковими значеннями, нейроморфні комп'ютери отримують спайки, як вхідні дані, де зазначений час, коли вони виникають. Їх величина та форма можуть бути використані для кодування числової інформації.

Враховуючи вищезазначені контрастні характеристики між двома архітектурами, нейроморфні комп'ютери мають деякі фундаментальні операційні відмінності:

- Високоєфективні паралельні операції: нейроморфні комп'ютери за своєю суттю є паралельними, де всі нейрони та синапси потенційно можуть працювати одночасно. Однак обчислення, які виконуються нейронами та синапсами, відносно прості порівняно з розпаралеленими системами.

- Спільна обробка та пам'ять: у нейроморфному апаратному забезпеченні немає поняття поділу обробки та пам'яті. Хоча нейрони іноді вважаються одиницями обробки, а синапси іноді вважаються пам'яттю, нейрони та синапси виконують обробку та зберігають значення в багатьох реалізаціях. Спільне розміщення обробки та пам'яті допомагає покращити функцію поділу процесора та пам'яті, що спричиняє уповільнення максимальної

пропускної здатності, якої можна досягти. Крім того, це спільне розміщення допомагає уникнути доступу до даних із основної пам'яті.

- **Внутрішня масштабованість:** нейроморфні комп'ютери за своєю природою повинні бути масштабованими, оскільки додавання додаткових нейроморфних чіпів тягне за собою збільшення кількості нейронів і синапсів, які можна реалізувати. Можна взяти кілька фізичних нейроморфних чіпів і розглядати їх як одну велику нейроморфну реалізацію для запуску все більших і більших мереж. Це було успішно досягнуто в різних великомасштабних нейроморфних апаратних системах.

- **Обчислення, кероване даними:** нейроморфні комп'ютери використовують обчислення, керовані даними (тобто обчислення лише за наявності даних) і тимчасову перемінну активність, щоб забезпечити високоефективне обчислення. Нейрони та синапси виконують роботу лише тоді, коли є піки для обробки, і, як правило, піки відносно рідкісні в роботі мережі.

- **Стохастичність:** нейроморфні комп'ютери можуть включати в себе поняття випадковості, наприклад, у роботі нейронів, щоб дозволити керувати збоями.

Однією з найбільш привабливих особливостей нейроморфних комп'ютерів для обчислень є їх надзвичайно низьке енергоспоживання: вони часто можуть працювати на меншій потужності, ніж традиційні обчислювальні системи. У зв'язку зі збільшенням вартості енергії для обчислень, а також збільшенням кількості додатків, енергоефективність сама по собі є вагомим причиною для дослідження використання нейроморфних комп'ютерів. Крім того, оскільки нейроморфні комп'ютери за своєю суттю реалізують обчислення у стилі нейронної мережі, це є природною платформою для багатьох сучасних програм штучного інтелекту та машинного навчання.

Кожна з цих особливостей нейроморфних комп'ютерів натхненна характеристиками мозку та є пріоритетною при реалізації нейроморфних комп'ютерів останніми роками.

## **ВИСНОВКИ**

Нейроморфні процесори енергоефективні та зручні у виконанні машинного навчання, та навіть деяких обчислень без участі машинного навчання. Можна передбачити принаймні три випадки використання нейроморфних процесорів. По-перше, через низьке енергоспоживання нейроморфні процесори будуть незамінними для периферійних обчислювальних програм, таких як автономні системи (наприклад, транспортні засоби та дрони), робототехніка, дистанційне зондування, носимі технології та Інтернет речей. По-друге, нейроморфні комп'ютери можуть стати прискорювачами штучного інтелекту та співпроцесорами персональних комп'ютерних пристроїв, таких як смартфони, ноутбуки та настільні комп'ютери. Високорозвинені технології вже широко застосовуються в мобільних телефонах, і потреба в надзвичайно енергоефективних операціях для збільшення терміну служби батареї в цих системах залишатиметься важливим фактором. Нейроморфні комп'ютери можуть допомогти реалізувати ці операції з на порядки меншою потужністю.

Потенціал нейроморфних комп'ютерів у майбутньому комп'ютерної та обчислювальної науки тільки починає рости, і є величезна можливість використовувати властивості обчислювальних характеристик цих систем для машинного навчання та деяких обчислень, не пов'язаних із машинним навчанням. Для найбільш ефективного використання нейроморфних комп'ютерів потрібна зміна парадигми у представленні дослідників щодо

програмування. Є можливості для досягнення безпрецедентної алгоритмічної продуктивності з точки зору швидкості та енергоефективності в багатьох програмах із нейроморфними комп'ютерами. Зокрема, на додаток до їхніх очевидних переваг для обчислень у стилі нейронної мережі, можна додати ще графові алгоритми та задачі оптимізації. Всі ці типи алгоритмів і програм мають можливість розвиватися з масовою паралельною, керованою даними та стохастичною роботою нейроморфних комп'ютерів. Зі злиттям багатьох різних типів алгоритмів і додатків у нейроморфіці, а також з активним розвитком великомасштабного нейроморфного апаратного забезпечення та нових пристроїв і матеріалів, зараз настав час почати розглядати нейроморфні комп'ютери як частину обчислювального ландшафту.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Мід К. *How we created neuromorphic engineering*. (2020).
2. Шуман К. Д., Планк Дж. С., Бруег Г. і Анантарадж Дж. *Non-traditional input encoding schemes for spiking neuromorphic systems*. (2019).
3. Се В., Чен Ю. Х., Емер Дж., Сулейман А. і Чжан З. *Hardware for machine learning: challenges and opportunities*. (2017).
4. Маур К., Хоупнер С., Фарбер С. *SpiNNaker 2: a 10 million core processor system for brain simulation and machine learning*(2019).. Режим доступу: <https://arxiv.org/abs/1911.02385> .
5. Фарбер С. В., Галуппи Ф., Тепле С., Плана, Л. А. *The SpiNNaker project*. *Proc.* (2014).
6. Давіес, М. Та інші. *Loihi: a neuromorphic manycore processor with on-chip learning*. (2018).

**Ryszard Tadeusiewicz** (AGH University of Science and Technology, Krakow Poland)

## MODELOWANIE ELEMENTÓW SYSTEMU Z WYKORZYSTANIEM SZTUCZNYCH SIECI NEURONOWYCH.

*These circumstances mean that when we talk about modeling with artificial neural networks certain mechanisms or certain structures occurring in the real nervous system, we must try to create models of the type described in this chapter. Such models, related to the use of simple models of neurons and their simple structures, can be related to information processing in artificial neural systems (hypothetical, as in the case of the conditioned reflex, or realistic, as in the case of the accompanying reflex). , which, however, may be a step towards understanding how the natural nervous system works.*

Pytanie, jak budować modele systemów neurocybernetycznych, pozostaje otwarte. Istnieje wiele możliwości. Omówimy różne techniki modelowania, w tym te, które pozwalają na bardzo realistyczne modele<sup>5</sup> (ale drogie, ponieważ model pojedynczego neuronu wymaga wprowadzenia do komputera ponad 32 000 równań różniczkowych) oraz te, które pozwalają na modele w bardzo dużej skali. Ich projektowi przyświecał przede wszystkim pragmatyczny cel: powinny naśladować (w pewnym stopniu) elementy prawdziwego układu nerwowego, ale przede wszystkim w celu sprawnego przetwarzania różnych sygnałów i analizy różnych danych. Oznacza to, że modele neuronowe powinny być jak najprostsze, ponieważ wtedy koszt ich wdrożenia będzie najniższy. Powstaje jednak ważne pytanie: czy właściwe jest wykorzystywanie tak prostych (żeby nie powiedzieć prymitywnych) narzędzi, jak sztuczne sieci neuronowe do modelowania tak złożonej jednostki, jaką jest mózg? Odpowiedź brzmi: tak, jest to uzasadnione. Co więcej, z tego powodu sieci neuronowe mają szansę stać się użytecznymi narzędziami, pokonującymi jedną z głównych barier, z jakimi spotykamy się w badaniu mózgu – barierę jego złożoności. Gdybyśmy użyli wystarczająco złożonego narzędzia do modelowania do analizy wyników badania super złożonego systemu, prawdopodobieństwo, że coś z nich zrozumiemy, byłoby znikome. Z drugiej strony, za pomocą bardzo prostego (aczkolwiek niedoskonałego) modelu możemy spróbować znaleźć interpretację, która przybliży nas do sedna rzeczy. Niezwykle złożone kreacje robią wrażenie i budzą podziw, ale tylko to, co proste i przejrzyste, jest naprawdę piękne! Można tu wyciągnąć analogię z innymi gałęziami nauki. Jeśli chemik może zaobserwować reakcję w małej probówce, jest bardzo prawdopodobne, że ta sama reakcja zachodzi w gigantycznym oceanie. Ale tylko w probówce można prześledzić tę reakcję jako izolowaną i kontrolowaną całość, ponieważ w badaniu oceanu przeszkadza nam jego skala oraz fakt, że rozważanej reakcji towarzyszą setki innych procesów. Wymóg prostoty jest w dużej mierze wbudowany w strukturę nowoczesnych sztucznych sieci neuronowych. W tej części rozważymy fakt, że składniki tych sieci, tak zwane sztuczne neurony, uwzględniają tylko trzy najprostsze właściwości ich biologicznych odpowiedników. To:

- możliwość agregacji wielu sygnałów z różnych źródeł (zwykle z innych neuronów lub wejść, które dostarczają danych potrzebnych do rozwiązania zadania);
- umiejętność rozróżniania sygnałów z różnych źródeł na podstawie wiedzy zdobytej podczas szkolenia sieciowego;
- możliwość generowania sygnału wyjściowego kierowanego do dodatkowych elementów sieci lub wysyłanego na zewnątrz jako składnik rozwiązania problemu sieciowego.

Prostszy model jest następujący: neuron agreguje sygnały wejściowe oznaczone  $x_1, x_2, \dots, x_n$  przez proste dodawanie, różnicuje je, przypisując każdemu sygnałowi wejściowemu współczynnik wagowy, oznaczany odpowiednio  $w_1, w_2, \dots, w_n$ , oraz generuje sygnał wyjściowy  $y$  taki, że sygnał ten jest równy 1 (co można interpretować jako wygenerowanie przez neuron potencjału czynnościowego w postaci impulsu szczytowego), gdy całkowita stymulacja neuronu

przekroczy wartość progową, oznaczoną  $p$ , a gdy całkowita stymulacja jest niska (narysuj sytuację, oznacza się to skrótem  $wpw$ , czyli inaczej), sygnał wyjściowy neuronu wynosi 0 (neuron pozostaje nieaktywny).

Wcześniej taki opis aktywności neuronów uznawano za wystarczający w świetle współczesnych wyników badań neurofizjologicznych, a zasada generowania impulsu po przekroczeniu określonego progu przy pełnej stymulacji lub odmowa jakiegokolwiek działania w przypadku, gdy stymulacja była słabsza nazywano „wszystkim lub nicą”. Współczesna wiedza na temat funkcjonowania neuronu pokazuje, że jego praca jest znacznie bardziej złożona, a możliwości przetwarzania sygnałów znacznie bogatsze, ale w sztucznych sieciach neuronowych ograniczamy się do tego bardziej prymitywnego opisu, gdyż wystarczy on do osiągnięcia wspomnianego praktycznego celu.

Sztuczne neurony można wykorzystać do budowy struktur do konkretnych zastosowań praktycznych (m.in. na bazie takich neuronów działają perceptrony – uczące się sieci neuronowe przeznaczone do klasyfikacji i rozpoznawania sygnałów). Skupimy się jednak na możliwości wykorzystania tych sieci jako modeli struktur rzeczywistego układu nerwowego.

Nasz model ilustruje, jak działają neurony i proste systemy wynikające z ich połączeń, ale nie jest to dokładny model powstawania odruchu warunkowego w mózgu. Jednym z powodów, dla których powinniśmy porzucić ten model, jest to, że jest on zbyt skuteczny jako model uczenia się. Skojarzenie powstaje w nim z pojedynczego zbiegu okoliczności, a utworzony ślad pamięciowy jest niezniszczalny (chyba, że jakiś czynnik całkowicie wyłącza na pewien czas aktywność sieciową, co ma miejsce w przypadku ciężkiego urazu lub utraty przytomności, które działają na biologiczny mózg jak sygnał resetowania w układach elektronicznych).

Rozważany w tej części problem modelowania elementów układu nerwowego za pomocą sztucznych sieci neuronowych można podzielić na dwa odrębne problemy.

Pierwsza związana jest z faktem, że przy pomocy sztucznego neuro. Za pomocą tych sieci można modelować absolutnie każdy obiekt, w którym można rozróżnić wejścia i wyjścia oraz dla którego można zdefiniować zbiór przykładów uczących, czyli danych ilustrujących (konkretnymi przykładami) działanie takiego obiektu.

Ponieważ pracę wielu obiektów technicznych, ekonomicznych, społecznych, przyrodniczych i innych można modelować za pomocą sieci neuronowych, z pewnością możliwe jest wykorzystanie modelu w postaci sieci neuronowej do modelowania niektórych części układu nerwowego. M, i są takie powody.

Model w postaci typowej sieci neuronowej (np. typu MLP14) może doskonale symulować zachowanie konkretnego systemu, ale nie wyjaśnia ani jego struktury, ani zasady działania. Można sobie wyobrazić np. sytuację, w której sieć neuronowa MLP zachowuje się dokładnie tak samo, jak pewna część układu nerwowego (zbudowana z neuronów) po procesie uczenia. Jednak dzięki temu, że osiąga się zgodność behawioralną (a więc sieć i symulowana część układu nerwowego zachowują się dokładnie tak samo, reagują identycznie na bodźce, wytwarzają te same sygnały wyjściowe itp.), nie ma absolutnie nic do zrozumienia budowa i funkcjonowanie symulowanej części układu nerwowego. Wręcz przeciwnie, struktura i zasada działania sieci modelującej MLP z pewnością będzie się różnić od struktury i zasady działania symulowanej części układu nerwowego.

Okoliczności te powodują, że gdy mówimy o modelowaniu za pomocą sztucznych sieci neuronowych pewnych mechanizmów lub pewnych struktur zachodzących w rzeczywistym układzie nerwowym, musimy postarać się stworzyć modele typu opisanego w tym rozdziale. Modele takie, związane z wykorzystaniem prostych modeli neuronów i ich prostych struktur, można odnieść do przetwarzania informacji w sztucznych układach neuronowych (hipotetycznych, jak w przypadku odruchu warunkowego lub realistycznych, jak w przypadku odruchu towarzyszącego), co jednak może być krokiem w kierunku zrozumienia, jak działa naturalny układ nerwowy.

**Gordana V.Jelić<sup>1</sup>, Vladica Stojanović<sup>2</sup>, Dejan Stošović<sup>1</sup>** (*University of Kosovska Mitrovica, <sup>1</sup>Faculty of Technical Sciences, <sup>2</sup>Faculty of Sciences and Mathematics, Serbia*)

## ANALYSIS OF MECHANISMS USING NEURAL NETWORKS

*The paper considers the motion of a body in the field of forces. The force  $F$  acting on a material point is a vector function of a point in space  $r$ , a vector of the velocity  $dr / dt$  and time  $t$ , ie.  $F = F(r, dr / dt, t)$ . In some cases the function  $F$  depends only on  $r$ , such as, for example, the gravitational force of a stationary center, in other cases  $F$  depends only on the velocity  $dr / dt$ , as, for example, in the case of free motion of a body with resistance from the environment in which it is located. We have considered individual cases, for example, motion in the central force field, motion in the parallel force field, motion of a material point in the gravitational force field, motion of electrically charged particles in an electromagnetic field, motion of particles in a constant electromagnetic field.*

Sustainable development is not a matter of choice, but the necessity of the principles of sustainability that have to be integrated into all development plans, primarily because Serbia bases its development on sectors that depend on natural resources. In order to ensure more intensive, long-term sustainable economic development and improve the competitiveness of the economy, structural changes must be made in the economic sphere of Serbia. World Economic Crisis 2008-2011 showed strong structural problems and became a challenge for science and the political structures of the country. The global economic crisis has exposed the weaknesses of our economy and its institutions to take appropriate measures.

The concept of sustainable development connects environmental protection with social development planning, economic and political issues [1, 3, 5]. It represents a new development program, a new strategy of social development which implies a balanced relationship of natural resources, economic development and ecology, in order to preserve the health of present generations, and preserve the economic wealth of the planet for future generations. There are many reasons for accepting the concept of sustainability as a condition for the survival and progress of humanity, and in the first place there are strong moral reasons for today's generations to leave their descendants an equal chance for development, as they existed in the past and today. Today's generations must not endanger the same right to future generations by exploiting resources and the environment. Nature is a value in itself and that is the reason why man has a responsibility to nature as a whole and not only to future generations, therefore preserving the diversity of the whole living world, there is justification in the view that man as a part of nature has no right to change it and any activity that disrupts the diversity of the living world or the richness of resources is unacceptable.

Justifying the concept of sustainability, with economic arguments, leads to inefficient economic development, in the sense of increasing waste of natural resources and energy. The fact is that the global economy depends on the stability of the biosphere to provide the constant reserves of resources necessary to meet the basic human needs for life as they live today, such as food, water and energy.

The pursuit of raw materials as a source of food, building material or energy is a constant aspiration of human society. In order to ensure the sustainability of human society, three topics prevail: the exploitation of ores, especially coal and wood; the exploitation of surface soil resources, especially forests and the effects of population growth [4].

The concept of sustainable development requires balancing economic, social and environmental requirements for the benefit of both present and future generations. To ensure the integration of sustainability requirements into development policies and their implementation in practice, Serbia has prepared and implemented the National Strategy for Sustainable



Development Serbia (NSSD-S). NSSD-S considers the main challenges facing Serbian society and formulates a vision for sustainable development. The vision of sustainable development of Serbia is derived from: economic development, ethical, cultural and finally ecological vision, i.e., the requirements for environmental protection and sustainable management of natural resources, while promoting joint action between development and environmental protection and bearing in mind the right of future generations to the quality of life.

To ensure the sustainable development of a society, a comprehensive approach to the management of complex social processes and a careful balancing of economic, social and environmental goals and natural resources is necessary. Sustainable development also requires the engagement of all social actors and constant dialogue in order to overcome the patterns of unsustainable growth and development, and provide the final results that will bring the greatest benefit to society as a whole, taking into account the future and prosperity. NSSD-S contributes to the improvement of regional cooperation, which is a precondition for peace and stability, i.e., for sustainable economic development and environmental protection.

The process of drafting the NSSD-S is a step in that direction, in the direction of sustainability and responsibility. By establishing the Environmental Protection Agency, the Government of Serbia has made a significant step in implementing EU goals and standards regarding environmental protection, and finding answers and solutions to a large number of environmental problems, which are increasingly present with the development of human society.

There are several definitions of sustainable development, what is meant by this term and process. The most appropriate definition is given in the National Strategy for Sustainable Development of Serbia. Thus, sustainable development is defined "as a long-term concept that implies constant economic growth which, in addition to economic efficiency, technological progress, cleaner technology, innovation of the whole society and socially responsible business, provides poverty reduction, long-term better use of resources, health and quality of life and reducing pollution to a level that can be withstood by environmental factors, preventing new pollution and preserving biodiversity" [7]. This definition of sustainable development greatly expands the original understanding of sustainable development. The most commonly cited definition, which has managed to avoid such pitfalls, is the one given in the book *Our Common Future*, created as a 1987 report by the World Commission on Environment and Development. According to this definition, sustainable development is "the development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs" [8].

We can accept this as an official definition of sustainable development, even if there are many different interpretations of what sustainable development is and what it actually refers to. The same is the case with the criteria that must be met and constantly applied in practice, social, economic and environmental, in order for the process of sustainable development to gain efficiency. Thus, the interpretation of the principles of sustainable development comes from the United Nations and the Declaration on Environment and Development from Rio, the definition of sustainable development is expanded by listing 18 principles of sustainability.

Sustainable development combines three dimensions: environmental sustainability, economic efficiency and social responsibility. This concept of the term is known as the "three-pillar model" [2].

The ecological dimension deals with the preservation of the diversity of all living beings on the planet, the preservation and rational use of natural resources, the reduction of environmental pollution, the care of endangered species, their habitats, and the like. There are five areas on which the ecological dimension of sustainable development is monitored: atmosphere, land, oceans, seas, water and biodiversity.

The social dimension refers to social relations, respect for human rights, achieving social well-being, transparency of social activities, involvement of people in decision-making and it is monitored through five areas: health, social justice, education, population, security and housing.

The economic dimension of sustainable development is based on the principles of harmonization of economic development with resources and production capacities and it is observed through two areas, namely: production and economic structure and consumption [6].

The National Strategy for Economic Development of the Republic of Serbia also recognizes these three pillars of sustainable development. In the part of the Strategy that deals with the economic dimension of sustainable development, the basic assumptions are given, when it comes to the economy of the Republic of Serbia, which are based on knowledge, as the most important resource of today. Further, specific goals and selection of appropriate economic policy, further transition flows, sustainable production and consumption, education and other areas included in the concept of sustainable development within the economic pillar were presented.

The part of the Strategy that deals with the social dimension of sustainable development analyses social values, quality of life and social well-being, population policy, social security, poverty, gender equality, public health and many other indicators.

The third pillar of sustainable development presented in the Strategy is the ecological dimension and it analyses the issues of protection of natural resources: air, water, land, biodiversity, forests, mineral resources and renewable energy sources.

All three dimensions of sustainable development are connected by the existence of an adequate institutional framework, which is a necessary precondition for the implementation of goals, measures and policies of regional development. That is why in recent scientific analyses and conclusions, the institutional framework has been highlighted as the fourth dimension of sustainable development.

The first National Strategy for Sustainable Development of Serbia (NSSD-S), adopted in 2007, was a step in the effort to concretize and implement Serbia's declarative commitment. In the period when it was drafted, it relied on the guidelines and goals of the then strategic documents, the Strategy for Development and Poverty Reduction at the national level, as well as the Mediterranean Strategy for Sustainable Development, the conclusions of two world summits on sustainable development and their key documents.

Since its adoption, the NSSD-S has undergone a revision through the evolution process in the part of its Action Plan when a number of objectives have been revised.

By adopting the UN Agenda in 2015, Serbia has made a decisive turn on the path of accelerated and sustainable development, because the principles of the Agenda provide an opportunity to shape and realize all the goals of sustainable development through a broad social dialogue.

Accordingly, the National Sustainable Development Strategy integrates its three "pillars": the knowledge-based economy, socio-economic conditions and perspectives, and the environment and natural resources. The key influence on the harmonious functioning of the system is certainly exerted by the economy, which has a decisive influence on the social structure, but also on the quality of the environment. In order to achieve the vision of development of the Republic of Serbia determined by the Strategy, five development priorities have been defined: the development of a competitive market economy, balanced growth and a knowledge-based economy; the human resources development, increasing employment and social inclusion; the infrastructure development and balanced regional development; the rational use of natural resources and protection and improvement of the environment and the EU membership.

The main strategic goal of the Republic of Serbia is integration into the European Union and in accordance with that it is necessary to adapt to the trends defined in the Lisbon Strategy (2007): greater investment and the possibility of applying science, technology and education by the private and public sector; investing in training of workers and management with the aim of creating more and better jobs; flexible domestic labour markets with strong and active labour and social security policies; liberalization of trade and knowledge-based services; orientation

towards the most successful models in the EU in the ability to quickly adapt to new conditions and circumstances based on:

- a) a society in which competitiveness supports social security, an efficient, flexible and accountable government;
- b) cooperation and harmonization of actions of the government and the business sector in a way that respects competitiveness and sustainable development;
- c) the need to invest in lifelong learning and training.

Sustainable development is no longer a matter of choice as it was considered in previous decades, nor is it more a matter of will, but a matter of survival. The solutions given in the National Strategy for Sustainable Development of Serbia are in line with European integration: the EU Sustainable Development Strategy and the Lisbon Strategy. The strategy is in line with the development goals of the United Nations and the National Development Goals of Serbia, which were adopted by the Government of Serbia.

## 5. CONCLUSION

There are strong moral reasons for today's generation to leave their descendants no less chance for development than they have now. This means that the planet Earth, with its potential, must not be degraded by existing people, but deny the right of the current generation to use resources and the environment, which would jeopardize such a right for future generations.

The drafting of the text of the Sustainable Development Strategy of Serbia began at the end of 2007, within the projects assisted by the EU, which was realized through the United Nations Development Program UNDP. The development of the Strategy was preceded by the process of determining development priorities. The basic priorities have been identified, the fulfilment of which will enable the realization of the vision of sustainable development to the greatest extent by 2017, after which the UN Agenda was adopted.

## REFERENCE

- [1] Baker, S. (2006), *Sustainable development*, Routledge, London, New York.
- [2] Giddings, B., Hopwood, B., & O'Brien, G. (2002). *Environment, economy and society: Fitting them together into sustainable development*. *Sustainable Development*, 10(4), 187–196.
- [3] Harris, Jonathan M. (June 2001), *Basic Principle of Sustainable Development*, Global Development and Environment Institute, WORKING PAPER 00 - 04, Tufts University.
- [4] Jovanović, B. (2013). *The emergence and shaping of the concept of sustainable development*. Belgrade: Tesla Centre.
- [5] Marković, D.Ž. (2005), *Social Ecology*, V revised and supplemented edition, Institute for Textbooks and Teaching Aids, Belgrade.
- [6] Miltojević, V. (2011). *Culture as a dimension of sustainable development*. *Topics*, 35(2), 639–653.
- [7] [7] *Platform for drafting the National Strategy for Sustainable Development 2014-2020*.
- [8] United Nations. *Report of the World Commission on Environment and Development*. [on line] General Assembly Resolution 42/187, New York, 11 December 1987 (<http://daccess-dds-ny.un.org/doc/RESOLUTION/GEN/NR0/514/19/IMG/NR051419.pdf>).

**Кошева Л.В.** (Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ-Тернопіль, Україна)

## **АПАРАТ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ДЛЯ ОБРОБКИ ДАНИХ ПЕДАГОГІЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ**

*У роботі представлені результати досліджень, які проводяться автором протягом останніх півтора десятиліття на основі анкетування та тестування студентів під час тривалого педагогічного експерименту. У цьому показано перспективність як проведення порівняльного статистичного аналізу груп педагогічного експерименту, а й створення адекватних моделей досліджуваних об'єктів. Таким чином, вдається не тільки оцінити статистику результатів педагогічної діяльності, а й провести машинні експерименти для оптимізації педагогічних технологій.*

*The paper presents the results of research conducted by the author over the past decade and a half on the basis of questioning and testing students during a long pedagogical experiment. At the same time, the prospects are shown not only of conducting a comparative statistical analysis of the groups of the pedagogical experiment, but also of creating adequate models of the objects under study. Thus, it is possible not only to evaluate the statistics of the results of pedagogical activity, but also to conduct machine experiments to optimize pedagogical technologies.*

Моделювання об'єктів дослідження дозволяє досліднику створити умови для найповнішого відображення реального об'єкта. При цьому моделювання має відбуватися відповідно до дотримання низки вимог та виконання набору правил, однозначних для розуміння та єдиних для всіх учасників моделювання.

Концептуальна модель спеціаліста, підготовка якого здійснюється у вищому навчальному закладі, включає чотири основні блоки – моделі:

- модель процесу підготовки фахівця
- модель особистості студента
- модель формування конкурентоспроможності фахівця
- Модель корпоративної культури організації.

Безумовно, мета підготовки та сукупність психолого-педагогічних установок дозволяють сформулювати зміст підготовки спеціаліста, включаючи її як акмеологічні, так і аксіологічні аспекти. Вже цьому етапі мають бути визначені вимоги професіоналізму, і навіть ціннісна система координат спеціаліста. Ці вимоги є основою моделі фахівця як сукупності знань про шляхи вирішення поставлених завдань, умінь та навичок професійної діяльності.

У процесі формування спеціаліста найважливіше значення мають виховна діяльність вузу та психолого-педагогічна підтримка розвитку особистості. Саме ці складові особистісної підсистеми моделі процесу підготовки спеціаліста дозволяють реалізувати у спеціалісті аспекти.

Система цінностей, що формуються, є визначальною умовою досягнення необхідних професійних якостей фахівця. При цьому компетентна складова моделі діяльності тісно

пов'язана характеристикою зовнішнього середовища моделі корпоративної культури організації. У разі організація виступає як замовника фахівця, пред'являючи щодо нього систему вимог до компетенціям.

В ідеальному випадку концептуальна модель передбачає адаптивне до умов освітнього процесу формування етапів процесу підготовки фахівця. Саме тут починають формуватися технології підготовки, засоби та методи. Проте, у процесі реалізації технології підготовки фахівця визначаються тимчасові та змістовні параметри освітнього процесу (модель формування конкурентоспроможності), що, безперечно, визначає таку складову моделі корпоративної культури організації, як ступінь реалізації цілей. Одночасно формується система компетенцій спеціаліста. Кожна з представлених у моделі компетенцій є комплексною, що передбачає значну самостійну роботу студента, що базується як на педагогічних технологіях, так і на особистісних якостях студента.

Самооцінка життя стає центром формування конкурентоспроможності студента. Цьому сприяє формування самооцінки на основі трудових цінностей студента та засобів фізичного виховання. Цей зв'язок підтверджено результатами наших досліджень, виконаних на основі використання математичного апарату на нейромережевому базисі.

Результати нейромережного моделювання, виконаного з урахуванням обробки результатів анкетування, проведеного нами з урахуванням розробленої анкети, показали следующее. Оцінка ступеня досягнення результатів формування необхідних компетенцій веде до необхідності своєчасної корекції технології освітньої діяльності. І лише достатня мотивація, заснована на духовному, соціальному та фізичному вихованні (вихованні культури) та на потребах особистості студента (модель особистості студента) дозволяє дійсно сформувати такі професійні якості фахівця, які дозволять у комплексі забезпечити відповідність підготовленого фахівця корпоративній культурі організації загалом.

Як видно з цього опису концептуальної моделі, нами представлена досить узагальнена модель, проте, що відображає динамічні властивості досягнення необхідного рівня компетенцій спеціаліста на основі мотиваційного механізму, освітніх технологій, адаптованих до особистісних аспектів студента, пов'язаних із застосуванням в освітній діяльності засобів та методів фізичного виховання.

Вихідні дані для моделювання процесів формування особистісних якостей студента прийнято з досліджень, проведених у Донбаській державній машинобудівній академії. У цих даних використано лише середні значення експертних оцінок. У відповідність їм поставлені значення показників тих самих студентських груп, які певною мірою характеризують фізіологічну складову групи студентів. Це такі показники, як: стать, експертна оцінка матеріального становища студента, кількість студентів, групи, які відвідують ті чи інші види спортивних занять тощо. Також використано результати тестування студентських груп. Безумовно, подібне уявлення вихідних даних це не дає цілої картини, але те що, що наступні результати показують існуючу їх взаємозв'язок дозволяє вважати ці вихідні дані до певної міри пробними у бік вивчення цієї проблеми.

Дуже цікавою з позицій методології дослідження складних систем, якою є і досліджувана система формування у студентів цінностей, є розроблена методика моделювання. Справа в тому, що питання моделювання досліджуваних процесів та систем – це питання створення про адекватних моделей. Грунтуючись на відомій істині про неможливість створення «правильних» моделей (всі моделі – «неправильні»), які

задовольняють нас при вирішенні конкретної поставленої задачі, необхідно відзначити, що моделювання соціальних систем справа загалом «невдячна». Проте, основою прийнятого нами підходу до моделювання покладено наступний принцип, відбитий системою рівнянь.

$$X_1 = F_1(X_2, X_3, X_4, \dots, X_n)$$

$$X_2 = F_2(X_1, X_3, X_4, \dots, X_n)$$

$$X_3 = F_3(X_1, X_2, X_4, \dots, X_n)$$

.....

$$X_n = F_n(X_1, X_2, X_3, \dots, X_{n-1})$$

С точки зрения системного подхода это описание многосвязной системы (системы, имеющей множество внутренних связей), независимо формирующей выходные показатели, в то же время являющиеся аргументами других выходных показателей. То есть модель представляет собой гомеостат, в котором поддерживается равновесие, когда выходы, формирующие значения одних показателей системы, являются входами, определяющими значения других ее показателей.

На этом этапе нами был применен математический аппарат моделирования объектов на основе нейроподобных элементов. Особенностью применения нами этого аппарата является выявление значимых связей между показателями в частных моделях, а затем объединение этих частных моделей в единую комплексную. Выбор такого аппарата моделирования был продиктован следующими соображениями. Во-первых, моделирование на основе нейроподобных элементов выполняется путем обучения модели т.е. настройки ее весовых коэффициентов таким образом, чтобы после ее обучения по данным обучающей выборки модель могла безошибочно распознавать тестовое множество исходных данных. Во-вторых, нелинейность активационных функций таких моделей позволяет считать, что рассматриваемая математическая комплексная модель будет находиться в состоянии равновесия, то есть наиболее вероятного сочетания значений показателей модели.

На основі проведених досліджень можна зробити висновок про необхідність враховувати в системі педагогічних технологій комплексний вплив засобів та методів фізичного виховання, які більшою мірою дозволяють формувати систему цінностей та корпоративних установок, необхідних та шуканих роботодавцем.

Ольховська О. Л., Гудкова К. Ю., Сабайдаш І. О. (Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ-Тернопіль, Україна)

## СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ТОРГІВЕЛЬНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ПОКУПЦІВ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОГО ЛОГІЧНОГО ВИСНОВКУ

*Показано актуальність оцінювання якості торговельного обслуговування покупців враховуючи особливості підприємств роздрібної торгівлі. Наведено етапи методологічного підходу до побудови нечіткої економіко-математичної моделі оцінювання якості торговельного обслуговування покупців торговельного підприємства. Показано структуру розробленого програмного забезпечення для реалізації економіко-математичної моделі оцінювання якості торговельного обслуговування покупців торговельного підприємства на основі нечіткого логічного висновку.*

*The relevance of assessing the quality of trade services to customers and the specifics of retail trade enterprises is shown. The stages of a methodological approach to the development of an economic-mathematical model for assessing the quality of trade services for purchasers of a trade business on the basis of fuzzy logic were introduced. The structure of the software for the implementation of the economic-mathematical model for assessing the quality of trade services to customers and trade enterprises on the basis of a fuzzy logical pattern is shown.*

Особливість підприємств роздрібної торгівлі полягає у безпосередньому контакті торговельно-оперативного персоналу із кінцевими споживачами. Це висуває підвищені вимоги до якості обслуговування і кваліфікації персоналу підприємств роздрібної торгівлі [1]. Обслуговування справді високого рівня, що цілком відповідає найвищим потребам і запитам споживачів, може бути забезпечене лише тими учасниками товарного ринку, які прагнуть до досягнення вимог найвищих стандартів [2]. Відповідно, чим більш досконала система торговельного обслуговування, тим вищий рівень його якості у конкретному підприємстві торгівлі і тим значнішою буде його конкурентна перевага. Саме необхідність цілеспрямовано впливати на підвищення конкурентоспроможності об'єкта торгівлі [3] визначає актуальність дослідження з питань оцінювання якості обслуговування, зокрема за допомогою сучасного економіко-математичного інструментарію.

В умовах ринкової конкуренції особлива увага приділяється якості торговельного обслуговування [4]. Серед дослідників вказаної проблеми варто назвати Н. О. Голошубову, С. В. Курака, А. Ф. Моргуна, В. В. Нікішкіна, В. В. Апопія, І. П. Міщука, В. М. Ребицького, С. І. Рудницького, Ю. М. Хом'яка. Завдання торгівлі полягає не лише в доведенні товарів до споживачів, але й в активному сприянні формуванню споживчого попиту, що є неможливим без якісного торговельного обслуговування.

**Метою роботи** є розробка системи підтримки прийняття рішень для оцінювання якості торговельного обслуговування покупців на основі нечіткого логічного висновку.

В економічній літературі [9] знайшли відображення фактори, які впливають на рівень торговельного обслуговування і відповідно визначають якість послуг підприємств торгівлі. Це такі фактори: асортимент і якість товарів та послуг, їх відповідності попиту; ефективність організації торгівлі; життєвий рівень населення; культурний рівень обслуговуючого персоналу; місце споживача на ринку; мотивація праці; прогресивність використовуваної технології торговельних процесів; стан матеріально-технічної бази торгівлі; стан розвитку економіки країни, вітчизняного виробництва споживчих товарів; ступінь ефективності взаємодії виробників, оптових посередників і суб'єктів господарювання роздрібної торгівлі; ступінь ефективності забезпечення захисту прав споживачів; ступінь жорсткості конкуренції на споживчому ринку; фінансовий стан суб'єктів ринку; якість діючих правил торгівлі та норм торговельного обслуговування населення; якість трудової діяльності колективів і окремих працівників.

Економіко-математична модель визначення рівня якості торговельного обслуговування покупців торговельного підприємства із використанням інструментарію нечіткої логіки дозволяє формувати модель не лише з урахуванням специфіки країни, періоду часу, експертних знань. Етапи методологічного підходу до побудови нечіткої економіко-математичної моделі оцінювання якості торговельного обслуговування покупців торговельного підприємства [10-11].

Програмне забезпечення для оцінювання якості торговельного обслуговування покупців має наступну структуру: розділ «Нечітка база знань»: надає можливість побудови нечіткої експертно-лінгвістичної бази правил стосовно визначення рівня якості торговельного обслуговування покупців; розділ «Кількісні значення вхідних параметрів»: містить матрицю кількісних значень вхідних показників, що впливають на рівень якості торговельного обслуговування покупців; розділ «Вага правила»: містить значення, яке характеризує значимість правила в моделі; розділ «Налаштування бази знань»: забезпечує налаштування значень вхідних параметрів, що надає можливість аналізу впливу зміни значень вхідних параметрів на значення результуючої змінної; розділ «Пояснюючі змінні»: містить перелік контрольованих параметрів, що використані для оцінювання рівня якості торговельного обслуговування покупців; розділ «Рекомендації»: містить результат оцінювання якості торговельного обслуговування покупців та відповідні рекомендації у відповідності до отриманого розрахункового значення результуючої змінної.

Таким чином, застосування нечіткого підходу системі підтримки прийняття рішень для оцінювання якості торговельного обслуговування покупців на основі нечіткого логічного висновку дає можливість отримати адекватні результати і формувати відповідні висновки щодо прийняття управлінських рішень за відсутності достовірних даних, неповної і нечіткої статистичної інформації, складних функціональних залежностей, між його складовими; дозволяє в повному обсязі враховувати українські реалії організації та ведення торговельного бізнесу.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Формування та впровадження системи управління взаємовідносинами з клієнтами на підприємстві \ [Електронний ресурс]. – URL: <http://dSPACE.wunu.edu.ua/bitstream/316497/31356/1/%d0%a1%d1%82%d1%83%d0%bf%d0%b0%d0%ba%20%d0%9a.pdf>
2. Особливості підвищення культури та якості обслуговування споживачів послуг (Карпович М. Г., Коса Т.Г., Железняк О.В.) [Електронний ресурс]. – URL: <http://ephshair.phdpu.edu.ua/bitstream/handle/8989898989/2295/%D0%9E%D1%81%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B8%D0%B2%D0%BE9.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
3. Якість обслуговування та її оцінка [Електронний ресурс]. – URL: [https://pidru4niki.com/16451021/marketing/yakist\\_obsługovuvannya\\_otsinka](https://pidru4niki.com/16451021/marketing/yakist_obsługovuvannya_otsinka).
4. Теоретичні аспекти управління якістю торговельного обслуговування на засадах системного підходу [Електронний ресурс]. – URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/42031504.pdf>.
5. Шерр Август-Вильгельм. Бизнес-процессы. Основные понятия. Теория. Методы. / Август Вильгельм Шерр. – М.: Мететехнология, 1999. – 153 с.
6. Crosby Ph. Quality is Free. / Ph. Crosby. – New York: McGraw–Hill Book Co. – 1979. – Vol. 55, № 12. – P. 7.
7. Feigenbaum A. Total Quality Control third edition. / A. Feigenbaum. – New York: McGraw-Hill Book Co. – 1983. – Vol. 14, № 92. – P. 501.
8. Garvin D. Managing Quality. / D. Garvin. – New York: The Free Press. – 1988. – Vol. 7, 5, № 114. – P. 328.
9. Мозгова Г. В. Впровадження системи маркетингу партнерських відносин на промисловому підприємстві / Г. В. Мозгова, Т. А. Петросян // Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія Економічна. – 2014. – № 88. – С. 91-97.
10. Матвійчук А. В. Моделювання економічних процесів із застосуванням методів нечіткої логіки: монографія / А. В. Матвійчук. – К.: КНЕУ, 2007. – 264 с. – ISBN 966-574-966-8.
11. Ольховська О. Л. Моделювання фінансового стану страхової компанії: монографія / О. Л. Ольховська, А. В. Матвійчук. – Краматорськ: ДДМА, 2015. – 128 с.



Ольховська О. Л., Гудкова К. Ю., Зиганшина В.А. (Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ-Тернопіль, Україна)

## ЗАСТОСУВАННЯ АПАРАТУ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ДЛЯ ОЦІНКИ ПОКАЗНИКІВ ДІЯЛЬНОСТІ ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ

*Розглянуто сучасні аспекти оцінки якості діяльності закладів вищої освіти. Визначено набір показників, за якими можна провести оцінку діяльності вищого навчального закладу. Запропоновано використовувати математичний апарат нечіткої логіки для оцінки показників діяльності закладів вищої освіти. Сформовано шкалу з п'яти якісних термів для фазифікації показників оцінки.*

*Modern aspects of assessing the quality of higher educational institutions are considered. A set of indicators has been defined by which it is possible to evaluate the activities of a higher educational institution. It is proposed to use the mathematical apparatus of fuzzy logic to assess the performance of higher educational institutions. A scale of five qualitative terms has been formed for the fuzzy evaluation indicators.*

Для сучасної освітньої системи особливе значення набуває питання про ефективний аналіз та науково-обґрунтовані критерії та показники діяльності навчальних закладів. У довідковій та спеціальній літературі поняття «критерій» трактується зазвичай як мірило оцінювання предмета чи явища; ознака, що взята за основу класифікації, через яку проводиться порівняння різних явищ чи процесів. Якісна сформованість, ступінь прояву критерію виражається у конкретних показниках, які за своїм обсягом та змістом є вужчими категоріями. Як компонент критерію, показник відображає типові певні властивості і характеристики процесів або явищ, що підлягають вивченню [1; 2].

Аналіз проблеми якості вищої освіти засвідчує її першочергове значення для демократизації вищої школи в Україні, зміцнення суспільної довіри, підвищення авторитету національної системи вищої освіти на міжнародному рівні. Проте налагодження ефективної системи забезпечення якості вищої освіти залежить від продуманої і виваженої державної політики в галузі освіти, від комплексного підходу до розв'язання цілої низки актуальних соціально-економічних, науково-дослідницьких, управлінських, культурно-просвітницьких, матеріально-технічних завдань, які потребують належного обґрунтування, розроблення та практичної реалізації в умовах модернізації української вищої школи.

Метою роботи є застосування сучасних методів оцінювання показників на основі апарату нечіткої логіки для оцінки діяльності закладів вищої освіти.

Для розв'язання поставленої задачі застосовано методику прийняття рішення, за допомогою якої фіксованому вектору вхідних змінних  $X^* = \langle x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^* \rangle$ ,  $x_i^* \in U_i$

однозначно ставився б у відповідність розв'язок  $y^* \in Y$  для об'єкта з дискретним виходом. Нечітка модель оцінки показників діяльності закладу вищої освіти оцінку в інформаційній системі може бути описана в такий спосіб:

$$Q = \langle G, L, S, A \rangle, \quad (1)$$

де  $G$  – граф дерева з вершинами  $g_i$  ( $i = \overline{1, N}$ ), кожній з яких поставлено у відповідність одне з можливих значень лінгвістичної змінної  $x_i \in L$ , яка характеризує показник якості інформаційного ресурсу за відповідним критерієм;

$L$  – набір лінгвістичних значень (якісних оцінок) кожного показника,  $L = \{L_j, j = \overline{1, N}\}$ ;

$S$  – система відношень пріоритетів (переваги) одних показників перед іншими;

$A$  – алгоритм агрегування інформації, який дозволяє отримувати узагальнений показник діяльності закладу вищої освіти

Вершинам графа  $G$  пропонується поставити у відповідність наступний розподіл показників діяльності закладу вищої освіти [3]:  $X_0$  – інтегральний показник;  $X_1$  – освітня діяльність;  $X_2$  – науково-дослідна діяльність;  $X_3$  – міжнародна діяльність;  $X_4$  – фінансово-економічна діяльність;  $X_5$  – інфраструктура;  $X_7$  – працевлаштування.

Агрегований показник  $X_0$  визначається наступним способом. Попередньо за допомогою експертних методів оцінювання визначаються значення лінгвістичних змінних  $X_i$  для кінцевих вершин графа. За графом визначається підмножина вершин (показників). Для кінцевої вершини визначається зважена сума відповідних функцій належності. З цією метою може бути використаний ОWA-оператор Ягера [4]:

$$\mu_{l-1k}(x) = \sum_{i=1}^{N_k} \omega_i \mu_{li}(x), \quad (2)$$

де  $\mu_{l-1k}(x)$  – функція належності  $k$ -го показника  $(l-1)$ -го (старшого за ієрархією) рівня;

$\mu_{li}(x)$  – функція належності  $i$ -го показника  $l$ -го (нижнього) рівня;

$\omega_{li}$  – ваговий коефіцієнт  $i$ -го показника  $\sum_{i=1}^{N_k} \omega_{li} = 1$   $l$ -го рівня;

$N_{l-1k}$  – кількість показників нижнього рівня, що зв'язані з  $k$  – тим показником  $(l-1)$ -го рівня.

У запропонованій моделі вагові коефіцієнти визначаються на основі методу аналізу ієрархій [5].

## ВИСНОВКИ

Таким чином, використання лінгвістичних змінних в моделі аналізу показників діяльності дозволяє отримувати інтегральний (агрегований) показник. Порівняно з існуючими методами та моделями запропонований підхід характеризується наступними перевагами: рішення про якість діяльності закладу вищої освіти приймається не тільки на основі інтегрального показника, але й з урахуванням обмежень на значення окремих показників; для підвищення точності алгоритму координати трапецієподібних функцій належності, що обчислюються на кожному кроці, перевіряються на близькість до однієї з п'яти функцій належності з ідентифікацією значення лінгвістичної змінної.

## СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Критерии и показатели мониторинга качества образовательной деятельности высших учебных заведений Украины и Европы [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.edscience.ru/jour/article/view/225/0/>.
2. Ашумов В. Р. Якість освіти у ВНЗ / В. Р. Ашумов. – Київ: Наукова думка, 2010. – 122 с.
3. Вертузаев М. С. Захист інформації в комп'ютерних системах від несанкціонованого доступу: навч. посібник / М. С. Вертузаев, О. М. Юрченко. – К.: Вид-во Європ. ун-ту, 2001. – 321 с.
4. Yager R. R. On ordered weighted averaging aggregation operators in multi-criteria decision making // R. R. Yager IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 1988. – Vol. 18. – P. 183-190.
5. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати. – Москва: Радио и связь. – 1993. – 316 с.

**Мельников О.Ю., Деркач Р.Р.** (Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

## **ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА РІВЕНЬ ОПАНУВАННЯ СТУДЕНТАМИ ПЕВНИХ ФАХОВИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ ТА ПРОГРАМНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ**

*Розглянуто основні поняття, пов'язані з якістю освіти у цілому та засвоєнням студентами навчального матеріалу. Сформульовано задачу дослідження впливу застосування інформаційно-комунікативних технологій на рівень опанування студентами певних фахових компетентностей та програмних результатів навчання. Описано постановку задачі прогнозування засвоєння знань та навичок, використана архітектура – перцептрон з чотирма вхідними нейронами, чотирма вихідними та двома нейронами прихованого шару. Наведено приклади розрахунків.*

*The main concepts related to the quality of education as a whole and students' assimilation of educational material are considered. The task of researching the impact of the use of information and communication technologies on the level of students' mastery of certain professional competencies and program learning outcomes is formulated. The formulation of the problem of forecasting the assimilation of knowledge and skills is described, the architecture used is a perceptron with four input neurons, four output neurons and two neurons of the hidden layer. Examples of calculations are given.*

Оцінка засвоєного студентами у межах навчальної дисципліни матеріалу, а також об'єктивність проведення контролю знань з нього є одними з основних елементів визначення якості освіти [1]. Відомо, що рівень засвоєння індивідуумом нових знань залежить насамперед від його старанності та базового рівня знань, що є майже постійним за період навчання, тому різке відхилення у процесі оцінювання може свідчити про наявність проблем, об'єктивних і суб'єктивних факторів, які здійснюють вплив на освітній процес.

Усі освітні компоненти на відповідному рівні вищої освіти, перелік навчальних дисциплін і логічну послідовність їх вивчення, кількість кредитів ЄКТС, а також очікувані результати навчання та компетентності, які повинен опанувати здобувач відповідного рівня вищої освіти, містяться в освітній (освітньо-професійній) програмі [2]. ОПП містить перелік загальних та фахових компетентностей, на випусковій кафедрі розробляються робочі програми з кожної дисципліни, що конкретизують, за які саме компетентності відповідає ця дисципліна.

Слід зазначити, що рівень використання інформаційно-комунікативних технологій під час проведення занять постійно зростає. І якщо раніше виконання лабораторних робіт здійснювалося без використання ІКТ, то зараз можна припустити покращення успішності студентів саме завдяки його втіленню.

Потрібно: а) підтвердити, що рівень успішності реально збільшився (або спростувати, але тоді нема рації в роботі); б) визначити, наскільки він збільшився по різних компетентностях і програмних результатах навчання.

Постановка задачі може бути такою. Маємо дані по студентах. По кожному – ряд вхідних та вихідних факторів, наприклад [3]:

- *vstup* – середній бал при надходженні (визначає базовий рівень студента);
- *session* – середній бал за останню сесію (визначає «поточний» рівень студента, його відношення до навчання);
- *subject* – підсумковий бал з конкретної дисципліни;
- *ikt* – використалися ІКТ (1) чи ні (0);
- *FKi* – бали за фахові компетентності;

– PRNi – бали за програмні результати навчання.

Результати – розраховані оцінки з фахових компетентностей і програмних результатів навчання. Приклад – на рис. 1.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Student	Vstup	Session	Subject	IKT	FK1	FK2	PRN2	PRN2
2	Student1	57,7	75,33	75	0	79,9	73,0	76,3	77,4
3	Student2	52,4	84,33	85	0	86,5	89,1	86,0	85,9
4	Student3	69,4	84,67	55	0	72,2	68,7	70,0	68,1
5	Student4	52,2	56,47	55	0	55,1	60,5	59,3	57,3
6	Student5	32,5	55	55	0	52,8	51,7	59,1	56,8
7	Student6	50,4	85,67	75	1	76,6	80,0	84,2	84,9
8	Student7	56,8	91,17	90	1	88,8	93,0	94,3	87,9
9	Student8	59,9	94	90	1	89,7	93,5	90,1	90,1
10	Student9	42	55	65	1	57,3	55,4	63,2	63,4
11	Student10	52,4	88,33	75	1	78,5	82,8	81,7	86,2

Рисунок 1 – Приклад наявних даних

Визначення балів саме за компетентності та програмні результати навчання можна здійснити за методиками, які наведено в [4 – 5].

Далі здійснено рішення методом нейронних мереж. Використано мережу з чотирьох вхідних нейронів, чотирьох вихідних і двох нейронів прихованого шару (рис. 2). Різновид нейронної мережі – перцептрон, метод навчання мережі – зворотного поширення помилок, функція активації – сигмоїда. Результати свідчать, що метод забезпечує адекватні результати (рис. 3 – 4).

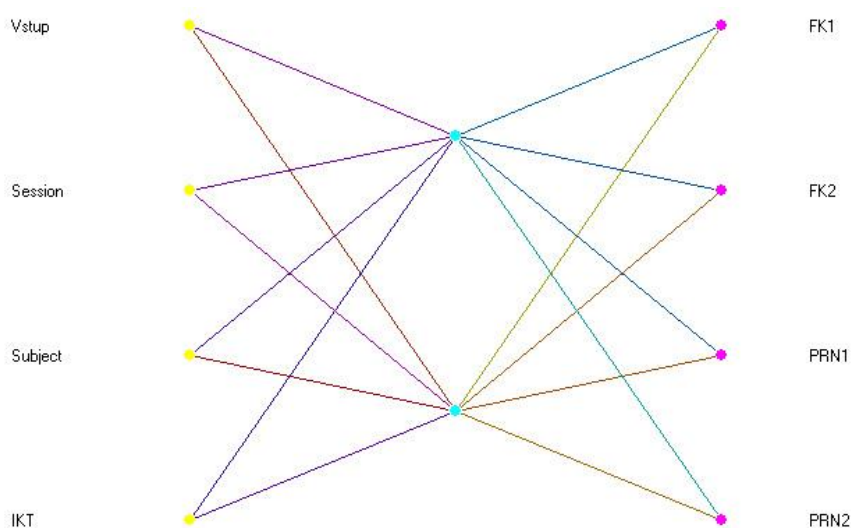


Рисунок 2 – Архітектура нейронної мережі MLP 4x2x4

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1	Student	Vstup	Session	Subject	IKT	FK1	FK2	PRN2	PRN2	FK1r	FK2r	PRN1r	PRN2r	Порівняння							
2	Student1	57,7	75,33	75	0	79,9	73,0	76,3	77,4	79,7	85,4	75,8	87,9	75,7	88,6	76,3	88,4	1	1	1	1
3	Student2	52,4	84,33	85	0	86,5	89,1	86,0	85,9	86,8	86,7	87,0	89,3	86,7	90,0	86,6	88,9	0	1	1	1
4	Student3	69,4	84,67	55	0	72,2	68,7	70,0	68,1	72,2	76,5	68,0	79,8	69,6	81,3	68,8	84,6	1	1	1	1
5	Student4	52,2	56,47	55	0	55,1	60,5	59,3	57,3	56,1	54,7	55,5	55,2	61,4	61,5	59,0	59,7	0	0	1	1
6	Student5	32,5	55	55	0	52,8	51,7	59,1	56,8	53,1	53,4	52,4	53,0	59,5	59,9	57,1	57,6	1	1	1	1
7	Student6	50,4	85,67	75	1	76,6	80,0	84,2	84,9	75,1	76,9	71,9	80,7	72,7	82,3	73,3	85,4	1	1	1	1
8	Student7	56,8	91,17	90	1	88,8	93,0	94,3	87,9	89,1	89,0	91,9	92,2	92,4	92,8	89,6	89,7	0	1	1	1
9	Student8	59,9	94	90	1	89,7	93,5	90,1	90,1	89,2	89,2	92,3	92,5	92,9	93,2	89,7	89,8	0	1	1	1
10	Student9	42	55	65	1	57,3	55,4	63,2	63,4	55,1	56,3	54,6	57,6	60,9	63,3	58,4	62,7	1	1	1	1
11	Student10	52,4	88,33	75	1	78,5	82,8	81,7	86,2	78,7	78,4	75,7	81,9	75,9	83,3	77,0	86,0	0	1	1	1
12																		50%	90%	100%	100%

Рисунок 3 – Результати розрахунків

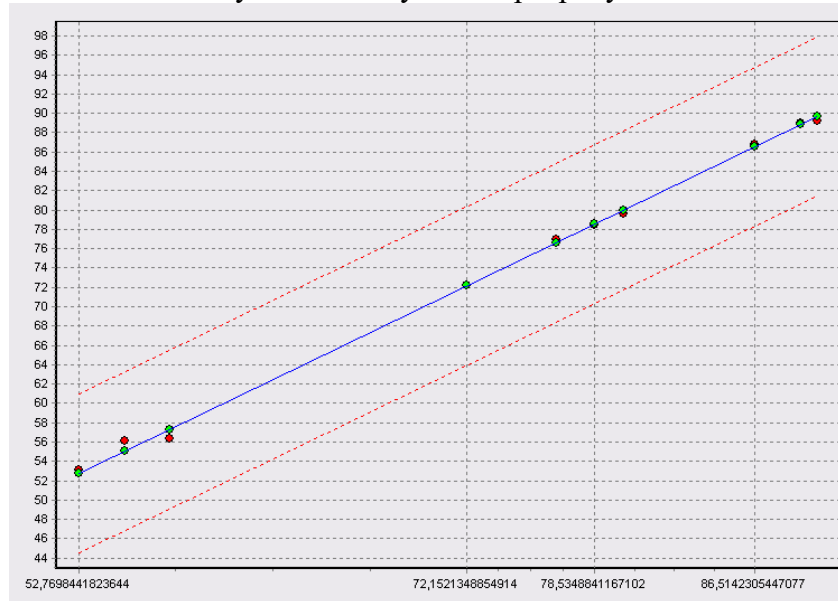


Рисунок 4 – Діаграма розсіювання

## ВИСНОВКИ

Проведені дослідження довели, що застосування нейронних мереж для аналізу впливу застосування інформаційно-комунікативних технологій на рівень опанування студентами певних фахових компетентностей та програмних результатів навчання призводить до дуже прийнятних результатів. Описано постановку задачі прогнозування засвоєння знань та навичок, використана архітектура – перцептрон з чотирма вхідними нейронами, чотирма вихідними та двома нейронами прихованого шару. Наведено приклади розрахунків.

Отримані результати можна буде застосувати у роботі кафедри під час аналізу успішності студентів тощо [6].

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

8. Положення про внутрішню систему забезпечення якості освіти // URL: [http://www.dgma.donetsk.ua/docs/acts/Положення\\_про\\_внутр\\_сист\\_заб\\_якості\\_ДДМА\\_20\\_20\\_Сайт.pdf](http://www.dgma.donetsk.ua/docs/acts/Положення_про_внутр_сист_заб_якості_ДДМА_20_20_Сайт.pdf). Дата звернення: 21.11.2022р.

9. Затверджені стандарти вищої освіти [Електронний ресурс]. Доступно: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/visha-osvita/naukovo-metodichna-rada-ministerstva-osviti-i-nauki-ukrayini/zatverdzheni-standarti-vishoyi-osviti>. Дата звернення: 21.11.2022р.

10. Мельников О. Ю. Прогнозування результатів складання єдиного вступного іспиту з іноземної мови випускниками-бакалаврами закладу вищої освіти при вступі до магістратури / О. Ю. Мельников // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології : зб. наук. пр. / Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». – Харків : НТУ «ХПІ», 2021. – № 1 (5). – С.104-107. – DOI: <https://doi.org/10.20998/2079-0023.2021.01.17>

11. Мельников О. Ю. Автоматизована інформаційна система опрацювання стандартів та розроблення освітніх програм для закладів вищої освіти / О. Ю. Мельников // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2021. – № 4 (84). – С. 302-321. – URL: <https://doi.org/10.33407/itlt.v84i4.3584>.

12. Мельников О. Ю. Розрахунок успішності студентів в термінах компетентностей та програмних результатів навчання з використанням спеціалізованого програмного забезпечення власної розробки / О. Ю. Мельников // Сучасна освіта – доступність, якість, визнання: збірник наукових праць XII Міжнародної науково-методичної конференції, 11-13 листопада 2020 року, м.

Краматорськ / під заг. ред. д-ра техн. наук., проф. С. В. Ковалевського і Dr.Sc, Prof. Dasic Predrag. – Краматорськ : ДДМА, 2020. – С. 94-97.

13. Мельников О. Ю., Марков О. Є., Деркач Р. Р., Хващинський А. С. Інформаційно-навчальна система для перевірки розрахункових даних проектування техпроцесів кування під час проведення практичних занять з дисципліни «Формоутворення у металі» // Сучасна освіта – доступність, якість, визнання: збірник наукових праць XIII Міжнародної науково-методичної конференції, 16-18 листопада 2021 року, м. Краматорськ / за заг. ред. д-ра техн. наук., проф. С. В. Ковалевського і Hon. D. Sc., prof. Dasic Predrag. – Краматорськ : ДДМА, 2021. – С. 202-205. – ISBN 978-617-7889-04-4.

Мельников О.Ю., Капелешук А.О. (Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

## ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ПІДРАХУНКУ НЕ БОЙОВИХ ВТРАТ ВІЙСЬКА ПІД ЧАС ВОЄННИХ ПОХОДІВ

*Робота присвячена розрахунку чисельності втрат середньовічних армій за допомогою методів штучного інтелекту. Розглянуто декілька можливих методів підрахунку, проаналізовано історичні джерела. Проведено аналіз факторів, що впливають на не бойові втрати. Розроблено модель нейронної мережі.*

*The paper is devoted to calculating the number of losses of medieval armies using artificial intelligence methods. Several possible calculation methods are considered, and historical sources are analyzed. The analysis of factors affecting non-combat losses is carried out. A neural network model has been developed.*

Війна – явище, яке супроводжує людство у весь історичний час, тому питання чисельності військ та воєнних втрат ставить ще Геродот. На жаль, на даний час не існує єдиної системи підрахунку бойових втрат та навіть втрати у досить сучасних конфліктах здебільше оцінюються приблизно, а під час постійних війн середньовіччя підраховувати військові втрати було просто нікому. Треба зазначити, що до кінця XIX століття до 70% втрат відносилось до так званих не бойових втрат (смерть від хвороб, травм, холоду тощо) [1-2].

У більшості країн статистичні дані не бойових втрат починають вести з XVIII століття, тому, коли мова йде про чисельність армій під час довгих військових походів середньовіччя або перших століть епохи нового часу при підрахунку їх чисельності, треба враховувати також не бойові втрати, через те, що за рік походу чисельність війська значно скорочувалась саме через не бойові втрати.

У 1916 році математиком Ф. У. Ланчестером було розроблено систему, яка складалася з двох диференціальних рівнянь (1) і слугувала для підрахунку жертв війни, яка враховувала як бойові, так і не бойові втрати [4]:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = ax + bxy + cy + d \\ \frac{dy}{dt} = ey + fyx + gx + h \end{cases} \quad (1)$$

де:  $a$  та  $e$  – швидкість не бойових втрат;

$b$  і  $f$  – швидкість втрат із-за впливу по майданних цілях;

$c$  та  $g$  – втрати від дії противника на передньому краї;

$d$  та  $h$  – підхідні або відхідні резерви [4].

Але така модель більш пристосована до війни кінця XIX – початку XX століття, ніж для війн середньовіччя, тому що такі параметри, як  $b$  та  $f$ , відсутні під час середньовічних зіткнень, а примітивна не вогнепальна артилерія (як і перша вогнепальна) використовувалася здебільше для штурму та прориву оборони фортець, ніж для знищення живої сили противника у відкритому полі. Для середньовічних боїв більш підходить лінійна модель Осипова-Ланчестера.

Створимо математичну модель розрахунку не бойових втрат. Маємо наступні вхідні дані:

$t_{cp}$  – середньомісячна температура;

$T$  – відхилення від кліматичного оптимуму;

$d$  – кількість днів у поході;

$k_m$  – коефіцієнт складності місцевості;  
 $kol$  – кількість воїнів які беруть участь у поході;  
 $os$  – середня кількість опадів на місяць.  
 $a$  – не бойові втрати за день.

Кількість загиблих від хвороб можна розрахувати за формулами 3 та 4.

$$t = t_{cp} + T \quad (2)$$

$$c_1 = \begin{cases} const1, \text{ при } t < 5 \\ const2, \text{ при } 5 < t < 15 \\ const3, \text{ при } t > 15 \end{cases} \quad (3)$$

$$d = consv + c_1 \quad (4)$$

Константи – це кількість загиблих у відсотках, визначенні шляхом підбору, базуючись на даних з війн XIX століття. Константи 1-3 відповідають різним кліматичним захворюванням (сезонний грип, переохолодження, засудження, запалення легенів тощо), натомість константа  $v$  відповідає за хвороби, які не залежать від сезону.

Через те, що у більшості регіонів Європи улітку кількість опадів досить невелика, то улітку коефіцієнт буде найнижчим, також і у зимові місяці хороший шар снігу з одного боку, ускладнює просування, з іншого – такі місця, як болота, стають менш небезпечними. Самими небезпечними є місяці березень, квітень, жовтень та листопад, коли випадає досить багато холодних опадів та знижується температура повітря. Можна помітити, що «небезпечність» позростає пропорційно тому, наскільки знижується температура повітря, та збільшується кількість опадів. Для зимових місяців «небезпечність» треба знижувати. Запишемо усе написане у вигляді формули (5):

$$p = \frac{1}{t} * os - zile \quad (5)$$

де  $zile$  – коефіцієнт холодних зим та жаркого клімату – при комфортній плюсовій температурі приймає значення 0; при мінусовій чи при екстремально плюсовій – значення більш як 0.

Сумарні не бойові втрати на день:

$$a = (p + d) \frac{kol}{100} \quad (6)$$

Формула (6) не враховує великі епідемії, але враховує звичайний набір вірусних та бактеріальних захворювань. Для розрахунку епідемії до чисел  $p$  та  $d$  треба додати відсоток загиблих під час епідемії.

На рис. 1 можна помітити залежність не бойових втрат від погодних умов, і те наскільки сильно епідемії можуть впливати на кінцевий результат. (Стрибки жовтої та сині лінії викликані епідемією чуми у 1710-1711 рр. [2, с 58-59]).

У нашій моделі залишилась одна невизначеність, а саме – значення усіх наших констант. Їх треба визначати окремо, прораховуючи результат кожен раз. Тому доречно буде використовувати нейронну мережу прямого розповсюдження – персептрон [6]. На входи персептрона подаємо наступні параметри: середня температура на місяць, середня кількість опадів на місяць, номер місцевості, кількість днів у поході. Таким чином, на першому шарі ми будемо мати 4 нейрони. У нас є 6 констант, значення яких треба підбирати, тому на другому шарі розмістимо 6 нейронів, на третьому шарі – один вихідний нейрон, який буде видавати процент не бойових втрат на день. Модель нейронної мережі представлено на рис. 2. Персептрон видає процент загиблих у день.



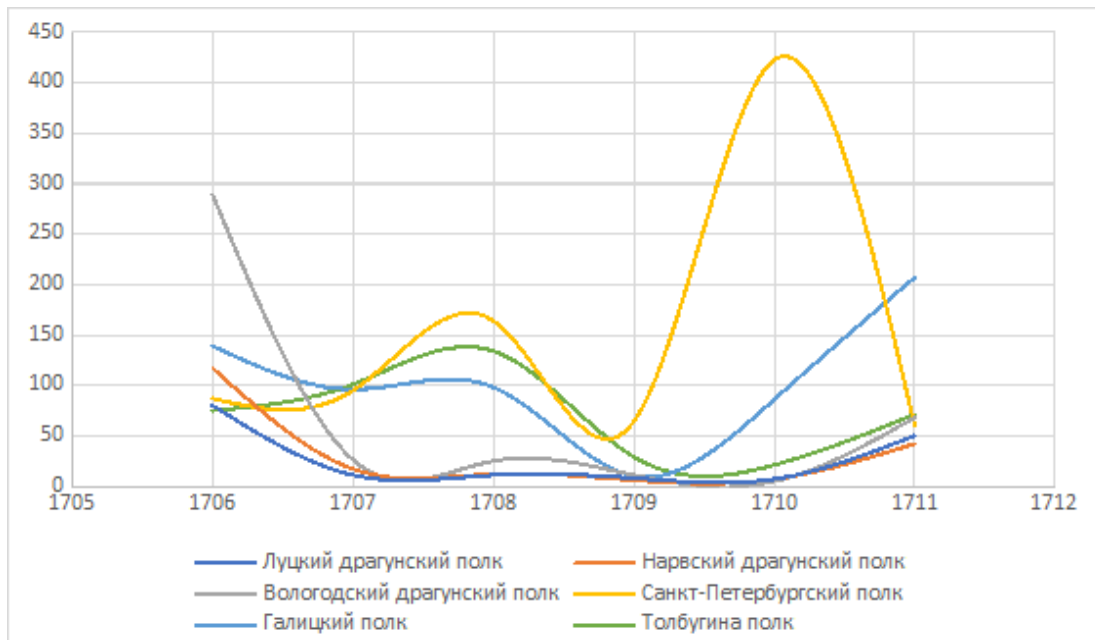


Рисунок 1 – Показники не бойових втрат у різних підрозділах Російської імперії з 1705 по 1711 рр. [2]

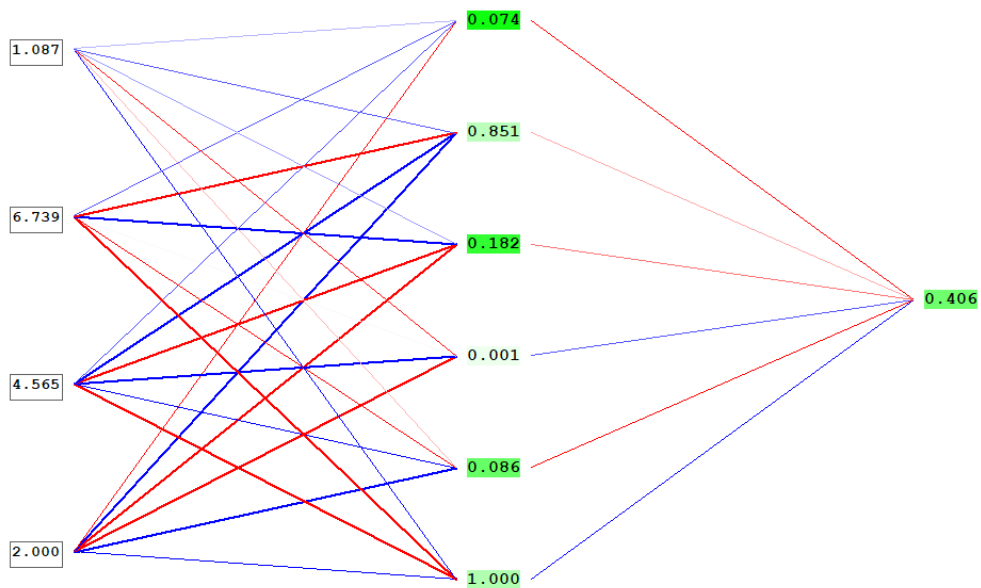


Рисунок 2 – Архітектура нейронної мережі у середовищі NeuroNet

Але середньодобову температуру та кількість опадів ми беремо з досить неперевірених джерел (дізнатися кількість опадів у середньовіччя неможливо), тому пропонується інша модель нейронної мережі, яка буде враховувати тільки тип місцевості, пору року, та кількість діб у поході (рис. 3). Замість даних про температуру та кількість опадів додаємо два внутрішні шари (які емулюють температуру та опади) з 12 нейронами, по числу місяців у році.

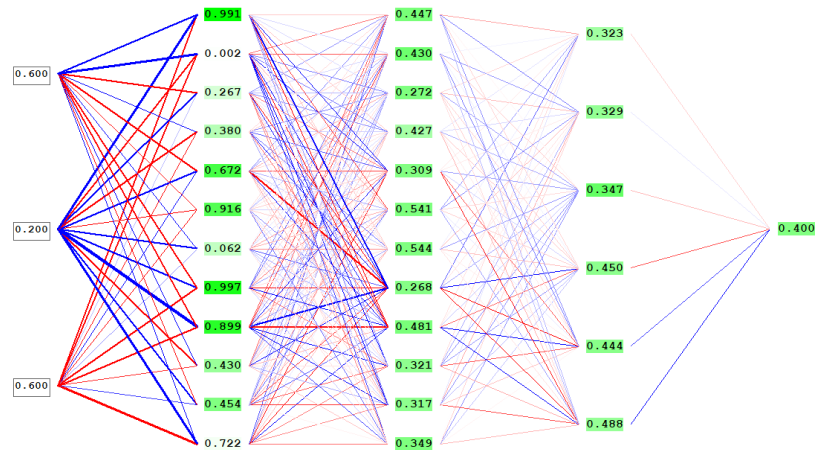


Рисунок 3 – Архітектура нейронної мережі у середовищі NeuroNet

Для створення тестових моделей данні для навчання було створено таким чином, щоб були дуже схожі на реальні (показники температури та кількості опадів використовувались реальні). Метою цього етапу було визначити саму можливість подібних розрахунків та підібрати архітектуру нейронної мережі. Для подачі даних на мережу було проведено їх нормалізацію в діапазоні від 0 до 10 [6].

На етапі остаточного навчання для уточнення вагових коефіцієнтів використовувалися статистичні дані не бойових втрат XVIII – XIX століть.

## ВИСНОВКИ

Проведені дослідження довели, що застосування нейронних мереж можливо для вирішення досить складних та не стандартних задач розрахунку, і що використовуючи досить синтетичні дані на вході, можна отримувати досить коректні дані на виході.

Описану тут модель було реалізовано у вигляді WEB-системи для розрахунку військових втрат у середньовіччі у рамках дипломного проєкту бакалавру.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

14. Уваров Д. Военные потери в Средневековье [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://xlegio.ru/ancient-armies/military-organization-tactics-equipment/medieval-military-losses/> (15.05.2022)
15. Бабич М. В. Потерявши... помним: к истории небоевых потерь частей, дислоцированных в Ингерманландии в 1711 году / М.В. Бабич, И.В. Бабич – Война и оружие. СПб., 2012. Ч. 1. – С. 47-55.
16. Жуков К.А. Древняя Русь. От Рюрика до Батые / К.А. Жуков, Д.Ю. Пучков. – С-Пб. : Питер, 2019. – 288 с.
17. Митюков Н. В. Определение жертв войн через ланчестерские модели / Н. В. Митюков // Историческая психология и социология истории 2009 – №2 – С. 122-140.
18. Алексеев В. «И бысть сеча ту велика...» / В. Алексеев //Техника молодежи Москва, 1988. – №2 – С. 56-57.
19. Гитис В. Б. Теория и практика применения нейронных сетей: пособие / В. Б. Гитис. – Краматорск : ДГМА, 2016. – 208 с.
20. Венцель Е. С. Основы теории боевой эффективности и исследования операций / Е.С. Венцель, И. В. Худяков, Я. М. Лихтерев, Ю. Г. Мильграм – М.: ВВИА, 1961 – 524 с.
21. Важнейшие битвы Средних веков. Дилетант [Електронний ресурс] – URL: <https://diletant.media/top-5/3157/> (19.05.2022)

**Мельников О.Ю., Михайлов В.Ю.** (Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

## **ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ НАЛЕЖНОСТІ РЕЧЕННЯ ДО КОНКРЕТНОЇ МОВИ**

*Розглянуто проблему розпізнавання мовлення та визначення мови сказаного тексту. Зроблено висновок, що наразі існує деяка кількість додатків, де для визначення мови використовується метод штучних нейронних мереж. Наведено модель нейронної мережі. Зазначено, які дані надходять на вхід мережі і які перетворення проводилися над вхідними даними. Зазначено ключові характеристики, які визначалися експериментальним шляхом. Наведено результати роботи моделі.*

*The problem of speech recognition and determining the language of the spoken text is considered. It was concluded that currently there are a number of applications where the method of artificial neural networks is used for language recognition. A neural network model is given. It is specified what data is received at the network input and what transformations were performed on the input data. The key characteristics that were determined experimentally are specified. The results of the model are given.*

Наразі є низка технічних засобів, які здатні сприймати (розпізнавати) повідомлення, що вимовляються – це комп'ютери, медичне електронне обладнання, автомобілі, мобільні телефони та ін. Також на ринку представлено безліч комерційних систем розпізнавання мови: Voice Type Dictation, Voice Pilot та ViaVoice від IBM; Dragon Dictate та Naturally Speaking від Nuance Communications; Voice Assist від Creative Technology; Listen for Windows від Verbex тощо. Ці системи дозволяють диктувати текстові документи та керувати роботою комп'ютера за допомогою голосових команд. Однак слід зазначити, що більшість з них досить добре працюють тільки з розмовною англійською [1]. Стверджується, що дві ключові задачі розпізнавання мови – досягнення 100% розпізнавання на обмеженому наборі команд хоча б для одного диктора і незалежно від диктора розпізнавання безперервного мовного потоку в реальному масштабі часу довільної мови з прийнятною якістю – досі не вирішені, попри численні спроби вирішення цих завдань протягом останніх 50 років [1].

Як правило, система розпізнавання мовлення складається з двох моделей: акустичної та лінгвістичної. Комп'ютер записує звук мови у вигляді цифрового сигналу, акустична модель відповідає за перетворення мовного сигналу на набір ознак, в яких показана інформація про зміст мовного повідомлення. Програма виконує складний аналіз мови, порівнюючи аудіофрагменти із записаними на згадку мовними зразками. Лінгвістична модель аналізує інформацію, одержувану від акустичної моделі, і формує остаточний результат розпізнавання. На основі ймовірнісного розрахунку комп'ютер визначає, що саме міг вимовити користувач. В основі моделі лежить поняття фонем – найменшої акустичної одиниці мови. У процесі навчання комп'ютер розпізнає найважливіші ознаки вимови користувачем фонем і записує отримані дані як профілю користувача [2].

У межах завдання розпізнавання мови можна назвати окрему підзадачу – визначення мови сказаного тексту. Тут не важливо, що саме міг вимовити користувач, і не потрібно виділення окремих фонем зі сказаного тексту, що спрощує рішення.

Проведений аналіз розробок показав наявність низки додатків [3-5]. У всіх розглянутих прикладах для визначення мови використовується метод штучних нейронних мереж. Разом з тим ніде не наводиться конкретна архітектура застосованої мережі. Усі описані системи є комерційними рішеннями та мають високу вартість.

Поставлено завдання розробки інформаційної системи (спочатку – системи підтримки прийняття рішень, надалі – мобільного додатка), що дозволяє після проведеного аналізу запису голосового повідомлення визначити, якою мовою було виконано це повідомлення.

Для цього доцільно використовувати мову програмування Python і бібліотеки `ruwt`, `soundfile`, `pickle`, `numpy`. Також надалі існує можливість застосування сторонніх відкритих API сервісу Silero.

Архітектура мережі – багатошаровий перцептрон, який містить  $n$  нейронів вхідного шару, три приховані шари розміром  $(n + 2)$  кожен і вихідний шар розміром 2 (рис. 1). Відповідь надається у формі ймовірності. Для навчання нейронної мережі було використано метод зворотного поширення помилок із застосуванням алгоритму градієнтного спуска. Під час ініціалізації нейронної мережі ваги нейронів задаються випадковим образом з подальшим коректуванням. Як функція активації використалася функція `sigmoid`. Помилка обчислювалася за допомогою середньоквадратичного відхилення [6].

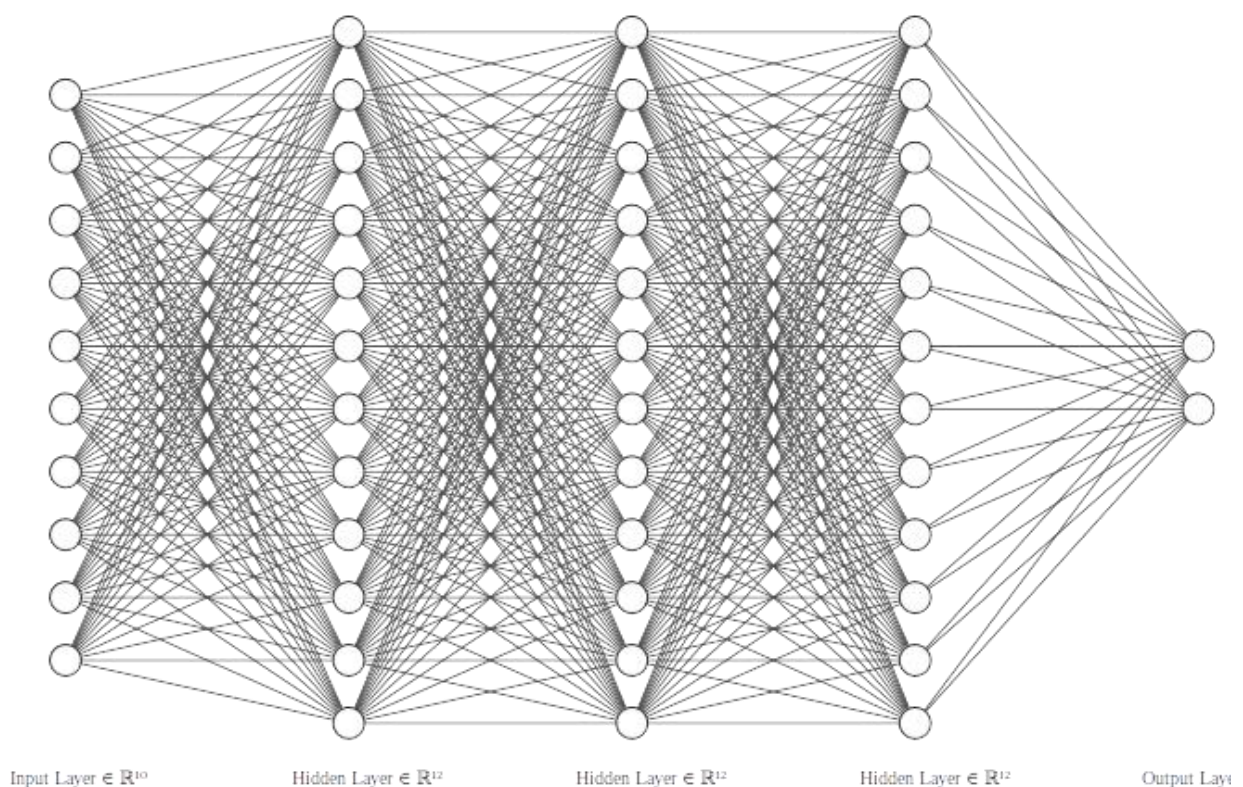


Рисунок 1 – Приклад нейронної мережі MLP 10x12x12x12x2

Вхідні дані надходять у вигляді перетворених дискретних значень. Під перетворенням мається на увазі, що дискретні значення за допомогою дискретного вейвлет-перетворення були проріджені, у результаті чого з'являються коефіцієнти апроксимації й деталізації. Таку процедуру можна повторити кілька разів. Ключовим параметром виступає рівень розкладання –  $dl$  [7].

Кількість схованих шарів  $hl = 3$  обумовлено тим, що при  $hl < 3$  ефективність визначення приналежності мови падала на 20%, що було неприпустимим.

Для перевірки працездатності було створено 5 директорій, які наповнені зразками російської та англійської мови. Кожна директорія нараховувала по 5 зразків кожної мови. У табл. 1 наведено результати роботи нейронної мережі двох директорій. Результати інших 3-х не значно відрізняються.

Таблиця 1 – Результати роботи нейронної мережі

eng	0.99979599	0.00020401
eng	0.99975415	0.00024585
eng	0.99976293	0.00023707
eng	0.99995951	4.04938865e-05
eng	0.99808374	0.00191626
rus	1.15805388e-05	0.99998842
rus	3.49035619e-05	0.9999651
rus	5.7168482e-06	0.99999428
rus	1.18034111e-05	0.9999882
rus	1.60860732e-05	0.99998391
eng	0.99979636	0.00020364
eng	0.99979615	0.00020385
eng	0.99972935	0.00027065
eng	0.9997959	0.0002041
eng	0.99979615	0.00020385
rus	5.52566322e-06	0.99999447
rus	1.11128233e-05	0.99998889
rus	1.19122191e-05	0.99998809
rus	5.70699932e-05	0.99994293
rus	1.6217521e-05	0.99998378

## ВИСНОВКИ

Можна зробити висновок, що з 25 зразків вірно розпізнано 23, а це становить 92%. Швидкість розпізнавання 1 директорії з 10 зразками дорівнює 0.0269. З'ясовано, що для виконання поставленого завдання оптимальним рівнем декомпозиції (рівнем розкладання) є  $dl = 8$ . При  $dl > 8$ , якість навчання нейронної мережі значно погіршується й знижується до 85%. У випадку  $dl < 8$  ефективність залишається такою ж, що й при  $dl = 8$ , але кількість вхідних даних збільшується, що спричиняє зменшення швидкості розпізнавання.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

22. Бондаренко М.Ф. Розпізнавання мови: етапи розвитку, сучасні технології і перспективи їх застосування / М.Ф. Бондаренко, А.В. Работягов, С.В. Щепковський // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. – 2010. – № 2 (73). – С. 164-168.
23. Винцюк Т. К. Анализ, распознавание и интерпретация речевых сигналов / Т. К. Винцюк. – Киев: Наук. думка, 1987. – 262 с.
24. Spoken Language Identifier – API и демоверсия. [Електронний ресурс] – URL: <https://translatedlabs.com/spoken-language-identifier>. Дата звернення: 12.11.2022.
25. Speech-to-Text: Automatic Speech Recognition. [Електронний ресурс] – URL: <https://cloud.google.com/speech-to-text>. Дата звернення: 12.11.2022.
26. Распознаем аудио файл и переведем в текст. [Електронний ресурс] – URL: <https://audio-v-text.silero.ai/>. Дата звернення: 12.11.2022.
27. Нейронні мережі для початківців. Частина 1. [Електронний ресурс] – URL: <https://habr.com/ru/post/312450/> Дата звернення: 25.11.2022.
28. Discrete wavelet transform. [Електронний ресурс] – URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Discrete\\_wavelet\\_transform](https://en.wikipedia.org/wiki/Discrete_wavelet_transform). Дата звернення: 25.11.2022.

**Ковалевський С.В., Ковалевська О.С.** (Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ – Тернопіль, Україна)

## УНІВЕРСАЛЬНІ ЕТАЛОННІ МОДЕЛІ НА НЕЙРОБАЗИСІ

*Побудовані моделі жорсткості технологічної системи верстату на базі нейронних мереж дозволяють встановити взаємозв'язок між параметрами (режимами різання, величиною та напрямом сили різання, пружними переміщеннями в системі верстат-інструмент). Управління точністю на цьому устаткуванні здійснюється за рахунок введення скоригованих вхідних координат.*

*It is proved in the work that the constructed models of rigidity of the technological system of the machine tool based on neural networks make it possible to establish the relationship between the parameters (cutting modes, the magnitude and direction of the cutting force, elastic movements in the machine-tool system). Accuracy control on this equipment is carried out by entering adjusted input coordinates.*

Одним із перспективних підходів до управління процесом механообробки на основі еталонної моделі є застосування нейронних мереж.

Застосування нейронної мережі, що навчається, як модель дозволить замінити складну багатовимірну функціональну залежність більш простою мережевою структурою.

Координацію дій та управління вхідними пристроями моделі виконує сигнальний процесор, а все обчислювальне навантаження по обробці даних бере на себе спеціалізований нейромережевий процесор, що містить у своїх регістрах пам'яті нейромережеву імітаційну модель контактних процесів при різанні, отриману на етапі навчання.

У загальному вигляді інформаційна модель просторової жорсткості включає всі чинники, що діють у процесі формоутворення, а також наочно демонструє взаємозв'язок між усіма параметрами технологічної системи.

При зміні режимів різання змінюються зусилля та величина деформації, отже змінюється траєкторія руху інструменту. Щоб забезпечити необхідну точність розміру, необхідно скоригувати координату положення інструменту.

Використовуючи регресійні методи, вдається забезпечити апроксимацію даних при обробці контуру деталі не повною мірою, тому запропоновано використовувати комунікативні системи обчислювальних елементів (НС).

У такому разі необхідна корекція відбувається за програмою перед обробкою заготовлі. За допомогою еталонної моделі, побудованої на основі рекурентних залежностей (НС), здатної компенсувати пружні деформації, можна виявити значення відхилення від номінального розміру контуру. Введенням уточнених координат з поправкою  $\Delta$  (мкм) в програму, що управляє, можна забезпечити точне положення фрези щодо заготовлі, тобто автоматично коригується траєкторія руху інструменту, а отже, і режими різання. Причому рух інструменту відбувається з одночасним скороченням числа проходів та неодружених ходів інструменту.

Комплексне моделювання дозволяє врахувати як максимальне число зовнішніх впливів, а й, найголовніше, простежити вплив чинників друг на друга і систему у цілому.

Порівняння статичних та динамічних результатів показало їхню ідентичність. Експериментальні дані, отримані під час досліджень, замінюються сукупністю математичних залежностей.

Як вихідні дані були прийняті:

$x, y, z$  – координати кожної з досліджуваних точок за відповідними осями;

$\Delta x, \Delta y$  – відхилення від заданого розміру по осях  $x$  та  $y$ .

Значення відхилень фіксувалися мікрометрах. За подальших розрахунків для приведення даних до однакової розмірності з метою побудови нейронної мережі всі значення були взяті за модулем.

$R_x$ ,  $R_y$  – величина прикладеного зусилля по координатних осях  $x$  та  $y$ . Значення зусилля ставилося у Н.

При створенні мережі використовувалися мережі з дво- та тришаровою структурою. Після проведення аналізу навчальної множини, скорочення нейронів, скорочення числа неоднорідних ходів були складені вербальні описи нейронної мережі.

Для управління процесом корекції, перш за все, необхідно внести до еталонної моделі характеристики стану елементів технологічної системи, провівши аналіз робочої зони за допомогою методики дослідження пружних переміщень ТС верстата та інструменту.

Отримавши на виході мережі значення компенсованих координат для обробки, можна ввести в керуючу програму верстата з ЧПУ і забезпечити більш точну обробку. Під точнішою обробкою розуміється зменшення поля розсіювання відхилень від заданої траєкторії.

Введення в керуючу програму нових координат з урахуванням усунення  $\Delta$  забезпечує точне положення інструменту щодо контуру деталі, що обробляється.

У процесі обробки глибина  $t$ , ширина різання змінюються в широких межах, що обумовлює зміну окружної, радіальної і осьової складових сили різання. На вході фактичне значення сили різання коригується з урахуванням можливих пружних переміщень у робочій зоні верстата, і залежно від жорсткості елементів технологічної системи на виході отримуємо поправку координати траєкторії. Таким чином автоматично компенсується відхилення сили різання від заданого значення.

Розроблений метод моделювання жорсткості елементів технологічної системи верстата передбачає проведення коригування положення інструменту перед обробкою деталі. Тобто досягнення точності забезпечується технологічним способом за рахунок введення в програму, що управляє, нових координат траєкторії.

Застосування моделей на основі рекурентних залежностей було виправдано наявністю великого обсягу вхідної інформації та достатньої кількості прикладів, а нейронні мережі оптимально підходять для розпізнавання образів та вирішення завдань класифікації, оптимізації та прогнозування.

Для подальшої зручності обробки даних за допомогою нейромережевих моделей експериментальні значення призводять до єдиної розмірності.

Для представлення даних з метою реалізації нейромережевої моделі необхідно враховувати розмірність, тобто дані наводяться Динакова розмірності (вплив одиниць вимірювання в даному випадку не важливо).

Таким чином, перевагою моделі є її незалежність від закону розподілу розмірів, що часто ускладнювало інші методи моделювання.

Приступаючи до створення керуючої програми, необхідно виключити ймовірність грубих відхилень від номінального розміру даних. При розробці моделі традиційними методами навіть при проведенні ретельного спланованого експерименту можуть виникнути неоднорідні дані, і їх апроксимація відомими моделями дає досить високу помилку.

Побудовані моделі жорсткості дозволяють простежити взаємозв'язок між параметрами (режимами різання, величиною та напрямом сили різання, пружними переміщеннями в системі верстат-інструмент). Управління точністю на цьому устаткуванні здійснюється за рахунок введення скоригованих вхідних координат.

**Ковалевський С.В., Сидюк Д.М.** (Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ – Тернопіль, Україна)

## **ВИКОРИСТАННЯ NEURAL NETWORK MODELS ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ СТАНУ ОБ'ЄКТІВ МАШИНОБУДУВАННЯ**

*Цель представленной работы полягає в створенні математичної моделі залежності параметрів справності та несправності об'єктів від амплітудно-частотної характеристики. Вирішення проблеми полягає у використанні інструментів нейромережного моделювання для кортежу прецедентів у вигляді сигнатур.*

*The purpose of the presented work is to create a mathematical model of the dependence of parameters of serviceability and malfunction of objects on the amplitude-frequency characteristic. The solution to the problem is to use neural network modeling tools for a tuple of precedents in the form of signatures.*

Проблема складання виробів у машинобудуванні полягає у контролі готової машини та призначенні оптимального строку експлуатації. Контроль виробу полягає у сходженні розмірних ланцюгів та відсутності зайвих шумів, вібрації, поламок на етапі випробування. У разі виходу характеристик за межі норми, виникає потреба розбирання, окремої перевірки вузлів та якості складання. Це займає великий проміжок часу, більший за стандартне складання того ж виробу, потребує кваліфікованих працівників та декількох видів обладнання. Разом з тим, відмінність позиційних розмірів деталей одна відносно одної, величина люфтів, натягу, внутрішній стан матеріалу та поверхні від ідеальних можуть суттєво не впливати на шум та вібрації, але скорочувати строк служби виробу, призводячи до поламки. Рішенням цієї проблеми є створення моделі для визначення придатності машини та можливого несправного стану.

Мета роботи полягає у створенні математичної моделі залежності параметрів справності та несправності від амплітудно-частотної характеристики. Вирішення проблеми полягає у використанні інструментів нейромережного моделювання для кортежу прецедентів у вигляді сигнатур.

Попередня гіпотеза – амплітудно-частотна характеристика виробу має достатній рівень інформативності для діагностики стану несправності механізму за декількома параметрами.

### **Проведення експериментальних досліджень**

У якості об'єкта дослідження виступає довільна група редукторів однієї серії та типорозміру. Частина з них придатна після контролю та випробування, а частина (довільна) має певні порушення з боку якості складання, якості покупних виробів та тих, що виготовлені на підприємстві. Оскільки дослідження вимагає наявності великої кількості однакових редукторів з певними поломками, то прийнято рішення скласти теоретичний кортеж даних для теоретичної моделі (рис.16). У якості пристосування для генерації



складного впливу на виріб та прийняття сигналу може виступати конструкція, подібна до раніше прийнятої (рис.13) та складатися з датчика-генератора та датчика-зчитування.

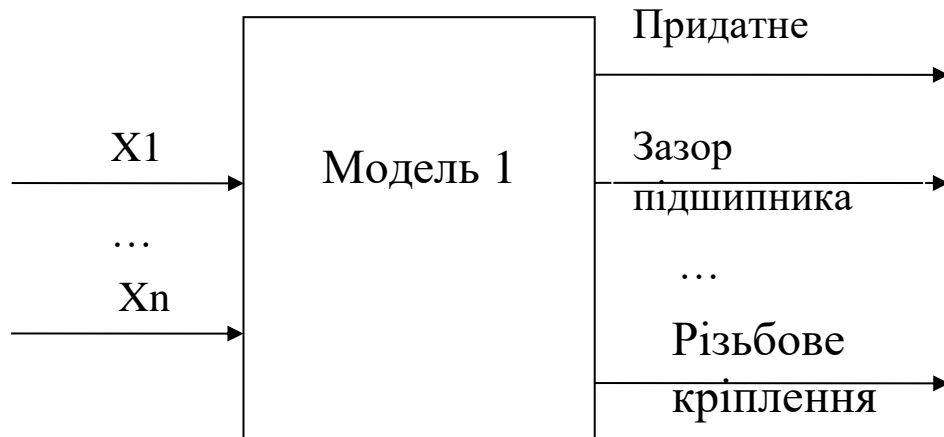


Рисунок 1 – Теоретична модель визначення придатності виробу та причин відхилення від норми у залежності від амплітудно-частотної характеристики

Кортеж даних (табл.1) до кодування складається з сигнатури виробу та набору параметрів, які мають значення справне/несправне (так/ні).

Таблиця 1 – Загальний вигляд таблиці прецедентів

№	Сигнатура				Параметри виробу		
	X <sub>1</sub>	...	X <sub>N-1</sub>	X <sub>N</sub>	Придатне	Зазор підшипника 1,2	Різьбове кріплення
1							
2							
...							
n							

Усі параметри, окрім «Придатне», мають відношення до несправного стану об'єкту та позначають елемент несправності без уточнення (збільшити/зменшити люфт, як змінити положення шестерень, силу натягу кріпильних з'єднань, кількість гумових прокладок тощо). У залежності від номенклатури виробу права частина таблиці може змінюватись.

Усі результати перетворюються на навчальну та тестову множину, на основі котрих будується нейромережна модель.

### Додаткове дослідження

Аналогічно з основним дослідженням визначення справності складання виробу, додаткове дослідження проводиться для довільної групи редукторів однієї серії одного типорозміру протягом часу до першого ремонту. Оскільки дослідження вимагає наявності однакових справних редукторів, то прийнято рішення скласти теоретичний кортеж даних (табл.2) для теоретичної моделі (рис2). Зняття сигнатури проводиться на одному й тому самому редукторі через однаково прийняті проміжки часу до першої поломки. Пристосування для генерації та приймання сигналу не змінюється.

Таблиця 2 – Загальний вигляд таблиці прецедентів

№	Сигнатура				Параметри виробу					
	X <sub>1</sub>	...	X <sub>N-1</sub>	X <sub>N</sub>	T <sub>ЕКСП</sub>	Підш.1	Підш.2	Шест.1	Шест.2	Болт
1										
...										
n										

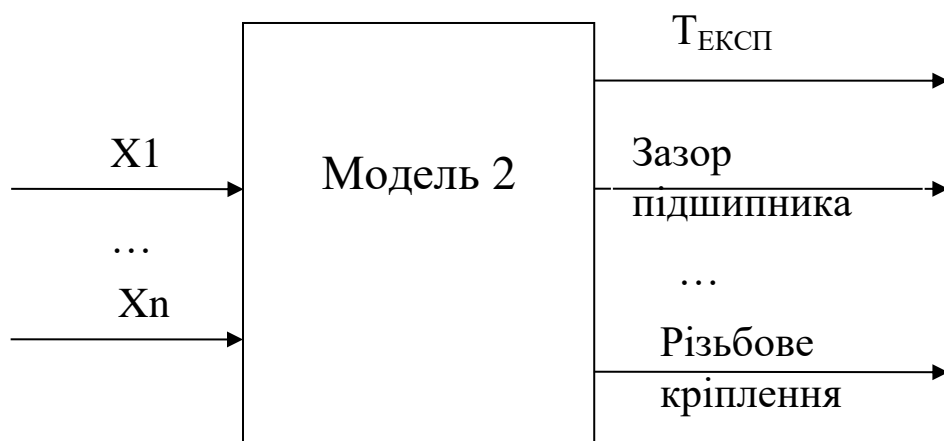


Рисунок 2 – Теоретична модель визначення часу експлуатації до першого ремонту у залежності від амплітудно-частотної характеристики

Кортеж даних складається з сигнатури справного редуктора у лівій частині, як входів моделі. Права частина складається з показника часу, який пропрацював редуктор до першої поломки та параметрів можливих несправностей. Час експлуатації вказується у годинах, інші показники позначаються у межах справне/несправне (так/ні). Усі результати перетворюються на навчальну та тестову множину, на основі котрих будується нейромережна модель.

### Узагальнення результатів

Перевіряється гіпотеза достатньої інформативності амплітудно-частотної характеристики у якості сигнатури для визначення справності. Дослідження першої моделі дозволяє визначити справність машини та визначити недоліки складання без проведення багаточасового випробування на холостому ході та під навантаженням, без проведення розбору, дослідження кожного елемента та якості складання з наступним повторним складанням. Замість цього, у залежності від кількості досліджуваних параметрів у правій частині, можливо визначити справність за допомогою однієї операції з точною вказівкою слабкої ланки.

Друга модель орієнтована на контроль стану виробу під час експлуатації та прогнозу імовірного часу безперервної роботи до першого ремонту. Вирішення зворотної задачі полягає в управлінні технологічним процесом (рис.3).

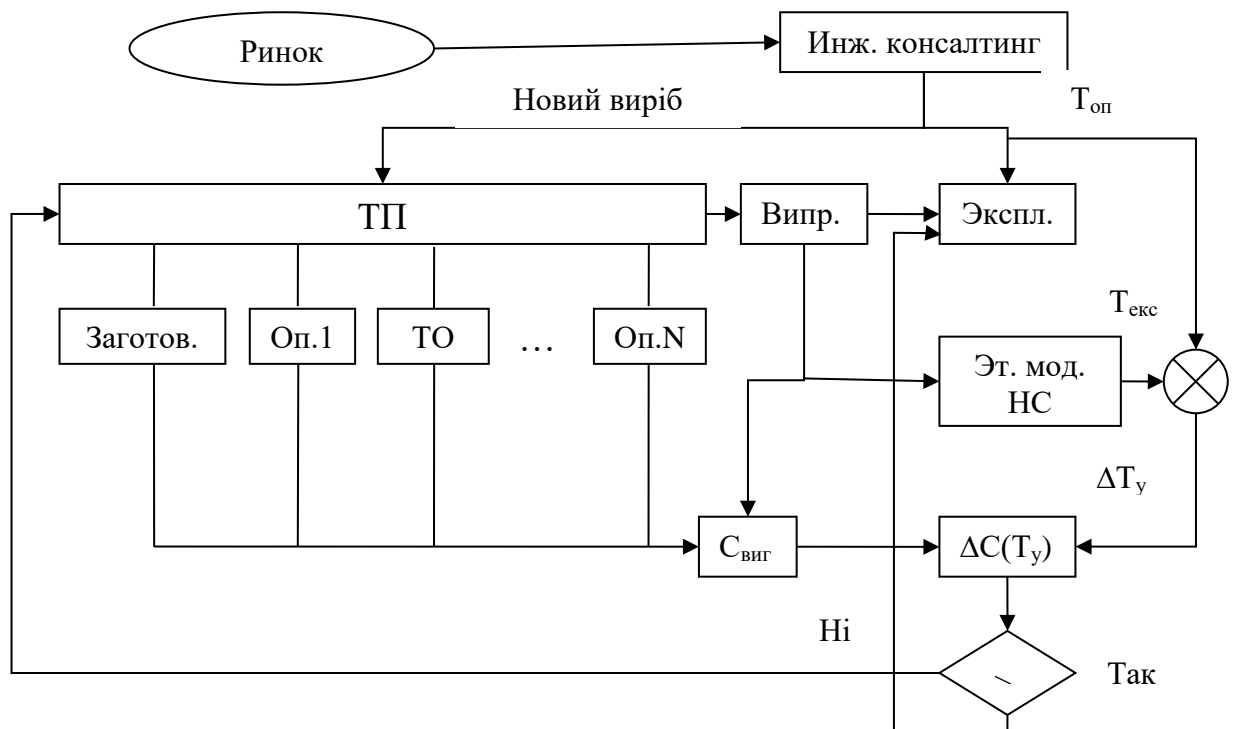


Рисунок 3 – Модель управління ТП на основі часу експлуатації

Ринок диктує умови використання нового обладнання, нових технологій, оптимальний строк експлуатації машини ( $T_{оп}$ ) для створення ТП нових виробів. Цей строк визначається для кожного типу машин окремо таким чином, що існуюче обладнання не затримувало оновлені машини (довгий час роботи) та забезпечувало виконання програми. Однак, значення періоду роботи, яке передбачається на етапі проектування, може відрізнятись від реального через неправильно створений ТП (великі внутрішні напруження, низька якість поверхні, неправильно обрані режими різання), похибку складання, низьку якість покупних виробів тощо.

Такі машини стали еталонними моделями для нейромережного моделювання і формують новий час роботи ( $T_{екс}$ ). Різниця часу експлуатації до поломки (розрахункового) та оптимального часу дає підстави або для визначення придатності до експлуатації (різниця більше 0), або для управління технологічним процесом виготовлення деталей (за умови відповідності покупних деталей стандартам) з метою оптимізації.

У свою чергу, метод отримання заготовки, операції механічної обробки, термічна обробка, складання та випробування визначає собівартість виробу, яку закладають у час  $T_{екс}$ . Якщо собівартість різниці напрацьованого часу  $T_y$  більша за нуль, то виріб придатне до експлуатації.

Побудовані моделі універсальні за рахунок зміни вихідних сигналів у залежності від номенклатури редуктора. Модель може бути застосована для різних типів машин будь-якого класу.

**Sergiy Kovalevskyy, Predrag Dasic, Olena Kovalevska, Valeriia Duk** (*Donbas State Engineering Academy, Kramatorsk - Ternopil, Ukraine; Academy of Professional Studies Šumadija - Department in Trstenik, Serbia*)

## **NEURAL NETWORK MODELING OF SOCIO-ECONOMIC PARTNERSHIP IN EDUCATIONAL SPACE**

*To prepare for the work of the future, it is necessary to understand which social institutions will be involved in working with young people and will influence the formation of demands in the labor market. In this perspective, the main "whales" to work with will be business, the public sector and formal and informal, public and private institutions of secondary, higher education, lifelong learning institutions, which not only shape the quality of human capital, but also act as a place of work .*

Young people need help and guidance in finding employment, although they are ready to take responsibility for their preparation for future work.

Already today, business literally "hunts" for youth, which is critically lacking. Representatives of many companies claim that they are extremely interested in attracting young people. They are actively looking for talent, and strive to motivate and attract young people. Some businesses are trying to attract young people from the school desk and are fully working with student youth. Companies invest resources, funds and creative solutions to attract young people both to themselves and to the industry in general.

A significant barrier to employment is the youth's lack of a sufficient level of competence, knowledge and skills to work with modern equipment/technologies.

However, most of the barriers are subjective in nature, they are related to the expectations of young people from work and the employer. Young people have inflated demands regarding the level of pay and working conditions, unrealistic ideas about the content of the work that will have to be performed, and overestimate their own level of competence and skills [1].

Unfortunately, their attitude and general expectations from work are incompatible with reality. Salaries are the first thing, as well as responsibilities: what they will be responsible for, what tasks will be assigned to them.

Young people mostly do not consider the possibility of working in industrial enterprises, preferring creative industries. Also, young people are not ready to start a career "from the bottom". Therefore, young people ignore the positions and industries that experience the greatest personnel hunger. The mentioned barriers make it much more difficult for young people to enter the labor market. To overcome them, joint efforts of the state, business, educational institutions, and youth are needed.

Education is no longer a linear process with the final point of obtaining a single diploma, but a continuous and fluid process that should help people adapt to changes in technological, economic and social conditions.

Education should develop both the skills needed for innovation, including complex problem-solving, flexibility, analytical thinking, creativity and systems analysis, as well as technological skills.

To achieve this, it is necessary to implement such elements of education as:

- student-centeredness, i.e. the curriculum should be designed around students and learners to motivate them and recognize their prior knowledge, skills, attitudes and values;

- complexity, i.e. the topics should be complex and provide the opportunity for deep thinking and reflection;

- a higher priority of knowledge, skills and values that can be learned in one context and transferred to others (interdisciplinary approach).

Unfortunately, the school systematically does not encourage initiative, does not teach how to develop a complex solution to a problem, how to apply acquired knowledge in practice, and how to work in a team. School education is criticized for the lack of a well-thought-out vocational guidance program, when 11th grade graduates do not understand which specialty they are inclined towards.

Of course, it is difficult to implement changes quickly with public funds.

In this context, it will be important to establish cooperation between schools and higher education institutions and businesses in various formats: mentoring of business representatives, visits by schoolchildren to enterprises, vacancies for schoolchildren as assistants at enterprises during the holidays.

An important element of career guidance for schoolchildren is work with the parent community. Consultations for parents on successful models of career guidance for their children, popularization of modern professions are important given the fact that often it is parents who determine the profession of their children, taking into account their own ideas about what will be promising in the future.

Young people need more information about professional opportunities and prospects. It is no less important that this information applies not only to the professions relevant today, but also to the professions of the future.

Informal or corporate education, according to respondents' forecasts, will occupy an important place in the education system in the next 10 years. It will not necessarily supplant classical education, rather it will provide additional development opportunities for those who want it.

Forms of alternative/informal education:

- Short-term courses. Experts pay attention to the short duration of courses/trainings as an alternative to long-term classical higher education. It is predicted that the courses will last two to six months and, thanks to a practice-oriented approach, will allow you to effectively master the material and even master new professions. First of all, it is about mastering creative professions, such a model is unlikely to be applicable for science/medicine.

- Corporate education. The success of companies also depends on the level of competence of specialists, so the private sector is actively taking on an educational role. The business has a wide range of staff training/retraining tools. Big business creates corporate universities and training programs. IT companies that work on the development of young IT specialists from school age also have this strategy. In this context, training-internships are popular - dual training.

The majority of young people have a rather positive attitude towards vocational and technical education, but believe that it needs to be transformed, namely to add:

- financing;
- material and technical support;
- effective advertising;
- demonstration of benefits;
- and also destroy stereotypes about her.

The role of professional (vocational and technical) education (VET/college, etc.) for career

development is seen by young people as the first step towards mastering a certain profession. Regarding higher education, young people agree that it is a really important link in preparing for future work.

Education should be practical, because at work we apply acquired skills, not just theorems or laws.

### 3.CONCLUSIONS.

Thus, in order to prepare for the work of the future, it is necessary to clearly understand which social institutions will be involved in working with young people and will influence the formation of demands in the labor market. In this perspective, the main "whales" to work with will be:

- Business — as employers, on the one hand, and as a subject of quality professional education in the working environment, on the other.
- The public sector, which performs the functions of rule-making, regulation of relations in the spheres of business, education, work with youth, and also serves as a sphere of employment.
- Educational institutions and organizations (formal and informal, public and private institutions of secondary and higher education, lifelong learning institutions), which not only shape the quality of human capital, but also act as a place of work.

### REFERENCES

*I.Kalinina, L., & Lisova, N. (2019). SOCIAL'NO-PEDAGOGICHNE PARTNERSTVO YAK DEMOKRATICHNA MODEL' DERZHAVNO-GROMADS'KOÏ VZACMODIÏ TA KOMPONENTA PIDRUCHNIKA DLYA KERIVNIKA OSVITI. Problemi suchasnogo pidruchnika, (22), 105–120. <https://doi.org/10.32405/2411-1309-2019-22-105-120>*

**Sergiy Kovalevskyy, Olena Kovalevska, Ludmila Kosheva, Valeriia Hanevska** (*Donbas State Engineering Academy, Kramatorsk - Ternopil, Ukraine*)

## **BUSINESS PARTNERSHIP MODELING USING NEURAL NETWORKS**

*To prepare for the work of the future, it is necessary to understand which social institutions will be involved in working with young people and will influence the formation of demands in the labor market. In this perspective, the main "whales" to work with will be business, the public sector and formal and informal, public and private institutions of secondary, higher education, lifelong learning institutions, which not only shape the quality of human capital, but also act as a place of work .*

### **1. INTRODUCTION**

Young people need help and guidance in finding employment, although they are ready to take responsibility for their preparation for future work.

Already today, business literally "hunts" for youth, which is critically lacking. Representatives of many companies claim that they are extremely interested in attracting young people. They are actively looking for talent, and strive to motivate and attract young people. Some businesses are trying to attract young people from the school desk and are fully working with student youth. Companies invest resources, funds and creative solutions to attract young people both to themselves and to the industry in general.

A significant barrier to employment is the youth's lack of a sufficient level of competence, knowledge and skills to work with modern equipment/technologies.

However, most of the barriers are subjective in nature, they are related to the expectations of young people from work and the employer. Young people have inflated demands regarding the level of pay and working conditions, unrealistic ideas about the content of the work that will have to be performed, and overestimate their own level of competence and skills [1].

Unfortunately, their attitude and general expectations from work are incompatible with reality. Salaries are the first thing, as well as responsibilities: what they will be responsible for, what tasks will be assigned to them.

Young people mostly do not consider the possibility of working in industrial enterprises, preferring creative industries. Also, young people are not ready to start a career "from the bottom". Therefore, young people ignore the positions and industries that experience the greatest personnel hunger. The mentioned barriers make it much more difficult for young people to enter the labor market. To overcome them, joint efforts of the state, business, educational institutions, and youth are needed.

Education is no longer a linear process with the final point of obtaining a single diploma, but a continuous and fluid process that should help people adapt to changes in technological, economic and social conditions.

### **2. BASIC PART**

Education should develop both the skills needed for innovation, including complex problem-solving, flexibility, analytical thinking, creativity and systems analysis, as well as technological skills.

To achieve this, it is necessary to implement such elements of education as:

- student-centeredness, i.e. the curriculum should be designed around students and learners

to motivate them and recognize their prior knowledge, skills, attitudes and values;

- complexity, i.e. the topics should be complex and provide the opportunity for deep thinking and reflection;
- a higher priority of knowledge, skills and values that can be learned in one context and transferred to others (interdisciplinary approach).

Unfortunately, the school systematically does not encourage initiative, does not teach how to develop a complex solution to a problem, how to apply acquired knowledge in practice, and how to work in a team. School education is criticized for the lack of a well-thought-out vocational guidance program, when 11th grade graduates do not understand which specialty they are inclined towards.

Of course, it is difficult to implement changes quickly with public funds.

In this context, it will be important to establish cooperation between schools and higher education institutions and businesses in various formats: mentoring of business representatives, visits by schoolchildren to enterprises, vacancies for schoolchildren as assistants at enterprises during the holidays.

An important element of career guidance for schoolchildren is work with the parent community. Consultations for parents on successful models of career guidance for their children, popularization of modern professions are important given the fact that often it is parents who determine the profession of their children, taking into account their own ideas about what will be promising in the future.

Young people need more information about professional opportunities and prospects. It is no less important that this information applies not only to the professions relevant today, but also to the professions of the future.

Informal or corporate education, according to respondents' forecasts, will occupy an important place in the education system in the next 10 years. It will not necessarily supplant classical education, rather it will provide additional development opportunities for those who want it.

Forms of alternative/informal education:

- Short-term courses. Experts pay attention to the short duration of courses/trainings as an alternative to long-term classical higher education. It is predicted that the courses will last two to six months and, thanks to a practice-oriented approach, will allow you to effectively master the material and even master new professions. First of all, it is about mastering creative professions, such a model is unlikely to be applicable for science/medicine.

- Corporate education. The success of companies also depends on the level of competence of specialists, so the private sector is actively taking on an educational role. The business has a wide range of staff training/retraining tools. Big business creates corporate universities and training programs. IT companies that work on the development of young IT specialists from school age also have this strategy. In this context, training-internships are popular - dual training.

The majority of young people have a rather positive attitude towards vocational and technical education, but believe that it needs to be transformed, namely to add:

- financing;
- material and technical support;
- effective advertising;
- demonstration of benefits;
- and also destroy stereotypes about her.



The role of professional (vocational and technical) education (VET/college, etc.) for career development is seen by young people as the first step towards mastering a certain profession. Regarding higher education, young people agree that it is a really important link in preparing for future work.

Education should be practical, because at work we apply acquired skills, not just theorems or laws.

### **3.CONCLUSIONS.**

Thus, in order to prepare for the work of the future, it is necessary to clearly understand which social institutions will be involved in working with young people and will influence the formation of demands in the labor market. In this perspective, the main "whales" to work with will be:

- Business — as employers, on the one hand, and as a subject of quality professional education in the working environment, on the other.
- The public sector, which performs the functions of rule-making, regulation of relations in the spheres of business, education, work with youth, and also serves as a sphere of employment.
- Educational institutions and organizations (formal and informal, public and private institutions of secondary and higher education, lifelong learning institutions), which not only shape the quality of human capital, but also act as a place of work.

### **REFERENCES**

- I.Kalinina, L., & Lisova, N. (2019). SOCIAL'NO-PEDAGOGICHNEPARTNERSTVOYAKDEMOKRATICHNAMODEL' DERZHAVNO-GROMADS'KOÏ VZACHMODIÏ TAKOMPONENTAPIDRUCHNIKADLYAKERIVNIKAOSVITI. Problemi suchasnogo pidruchnika, (22), 105–120. <https://doi.org/10.32405/2411-1309-2019-22-105-120>*

**Древетняк С.А., Ковалевський С.В.,** (Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ – Тернопіль, Україна)

## **КАРТИ КОХОНЕНА ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ОСВІТНІХ КОМПОНЕНТ НОВИХ ОСВІТНІХ ПРОГРАМ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ.**

*Метою роботи є рекомендації щодо раціонального формування освітніх компонентів на основі методу кластеризації, що реалізується за допомогою карт Кохонена, що самоорганізуються.*

*The purpose of the work is recommendations for the rational formation of educational components based on the clustering method, which is implemented with the help of self-organizing Kohonen maps.*

У минулі роки був обмежений вибір дисциплін навчального плану, який диктується методичними комісіями при міністерствах освіти, а оптимізація навчальних планів проводилася на рівні порівняння результатів навчання та узагальнених очікувань роботодавців. З того часу багато чого змінилося. Зросли вимоги до випускників вишів, розширилися повноваження вишів у вигляді академічних свобод. На це виші відреагували новими освітніми програмами та вдосконаленням наявних, запроваджуючи в них дисципліни вільного вибору. Реалії сьогодення внесли свої корективи, і на ринку освітніх програм зросла конкуренція як у країні, так і на рівні відкритих освітніх платформ: Coursera, edX, Udemy, SkillShare, Kadenze, DataCamp, Canvas Network, EduOpen, OpenLearn та інші.

Різке збільшення різних освітніх програм у межах навіть одного напрямку ускладнило завдання їхнього вибору у конкретних умовах, а також оптимізації створення індивідуальних. Недоліки вибору з числа наявних та створення нових призводить до зниження ефективності навчального процесу та результатів навчання у вигляді показників надійності освітніх компетенцій.

У роботі запропоновано підхід, який дозволяє сформувати систему оптимального вибору та розробки нових освітніх програм на основі формальних правил кластерного аналізу за допомогою карт Кохонена, що самоорганізуються, що використовують неконтрольоване навчання. Це дозволяє уявити багатовимірний простір входних факторів у двомірному вигляді, в якому його досить зручно аналізувати та використовувати в практичних цілях.

На підставі входних параметрів було отримано карти параметрів та кластерів (рис. 1).

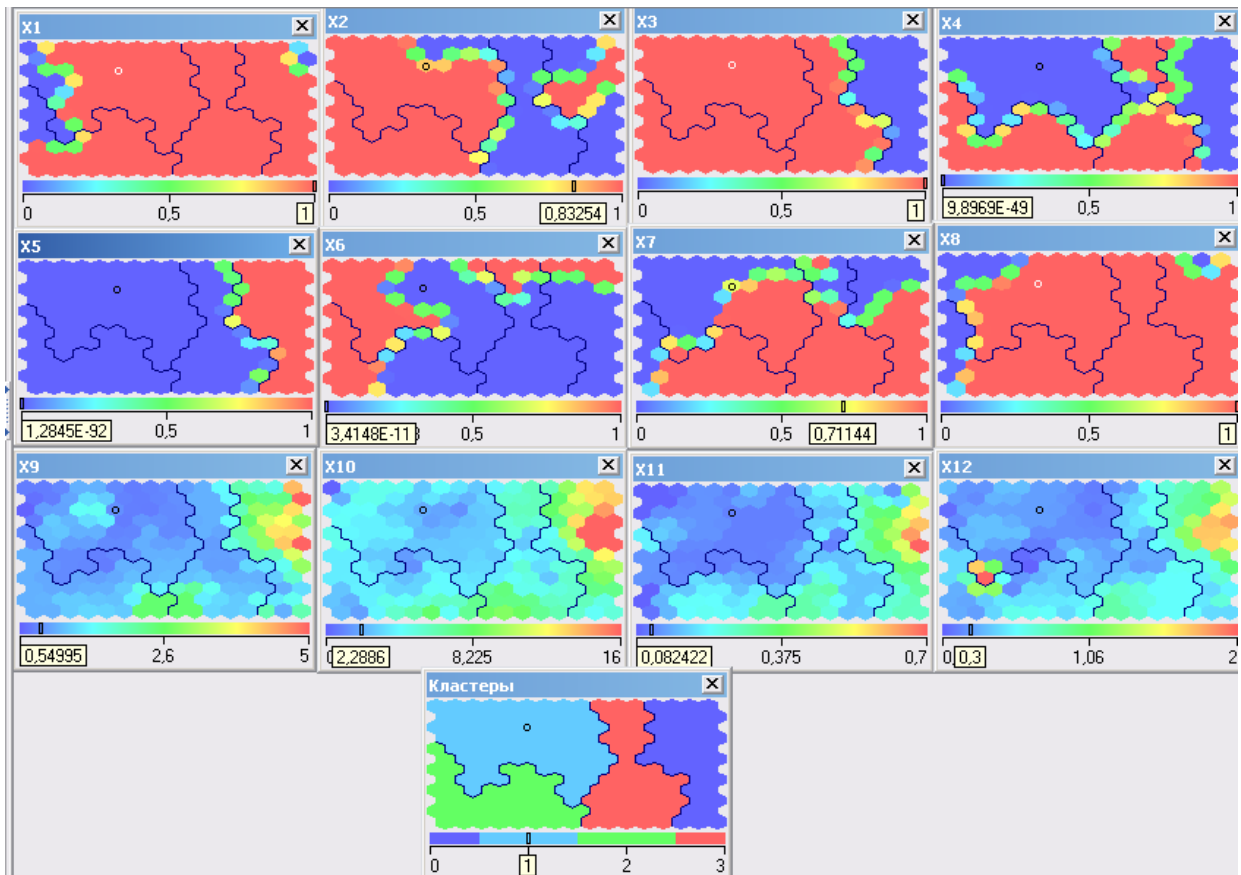


Рисунок 1 – Карты параметрів та кластерів.

Набір даних  $X_i$  включає:

- загальні компетенції;
- фахові компетенції;
- Результати навчання;
- характеристики освітніх компонент

Сформовані кластерні групи містять самодостатні навчальні одиниці, які створюють програмну базу освітній програми. Надалі – формується навчальний план індивідуальної освітньої програми. Безумовно, запропонований підхід є концептуальним, але надає можливість постійне слідкування вимогам забезпечення якості освітніх програм.

Сидюк Д.М., Ковалевський С.В. (Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ – Тернопіль, Україна)

## РОЗМІРНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА НЕЙРОМОДЕЛЯХ

*В наданій роботі розглянуті, на підставі прецедентів, можливості використання штучних неймережних моделей для аналізу якості технологічних процесів виготовлення деталей машинобудівного виробництва з точки зору показників точності розмірів виготовленої продукції.*

*Based on precedents, this paper examines the possibilities of using artificial non-network models to analyze the quality of technological processes of manufacturing parts of machine-building production from the point of view of indicators of the accuracy of the dimensions of manufactured products.*

У якості об'єкту дослідження виступає набір деталей. На основі існуючого кортежу даних для дослідження геометричних розмірів створено неймережну модель (рис.1).

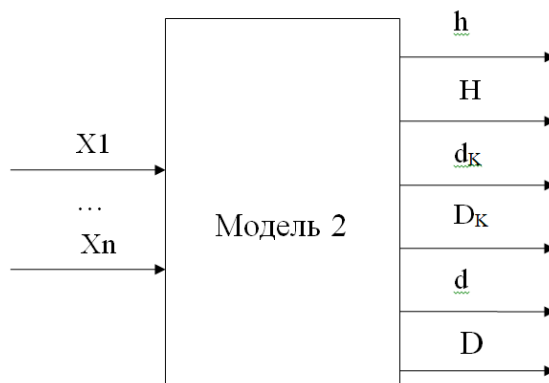


Рисунок 1 – Модель визначення геометричних розмірів деталі у залежності від амплітудно-частотної характеристики

Навчальна та тестові множини використано ті ж самі, що й у дослідженні першої моделі. Ступінь похибки при визначенні геометричних розмірів залежить від точності вихідних сигналів. Виконано два варіанти моделі – для автоматично заданої точності та визначеної точності 0,1. Після оптимізації:

I Варіант – прозора мережа складається з 5 значущих входів X90, X91, X104, X123, X128. Середня похибка варіюється у межах 0,1-0,65, а максимальна – 0,11-0,65.

II Варіант – прозора мережа складається з 5 значущих входів X13, X90, X104, X105, X128. Середня похибка варіюється у межах 0,05-0,09, а максимальна – 0,08-0,09.

Попередня гіпотеза про більш прозору мережу для визначення групи параметрів як підтверджується (для першого варіанту загальної моделі з 4 входами), так і спростовується (для другого варіанту з 7 вхідними сигналами). Аналогічно з цим подібно з точністю визначення. Якщо порівнювати I та II варіанти двох моделей відповідно, то модель 2 має менший розбіг показників середньої (0,1-0,65 у порівнянні з 0,095-0,73 моделі 1) та максимальної (0,11-0,65 у порівнянні з 0,17-0,75) похибок (рис.2).

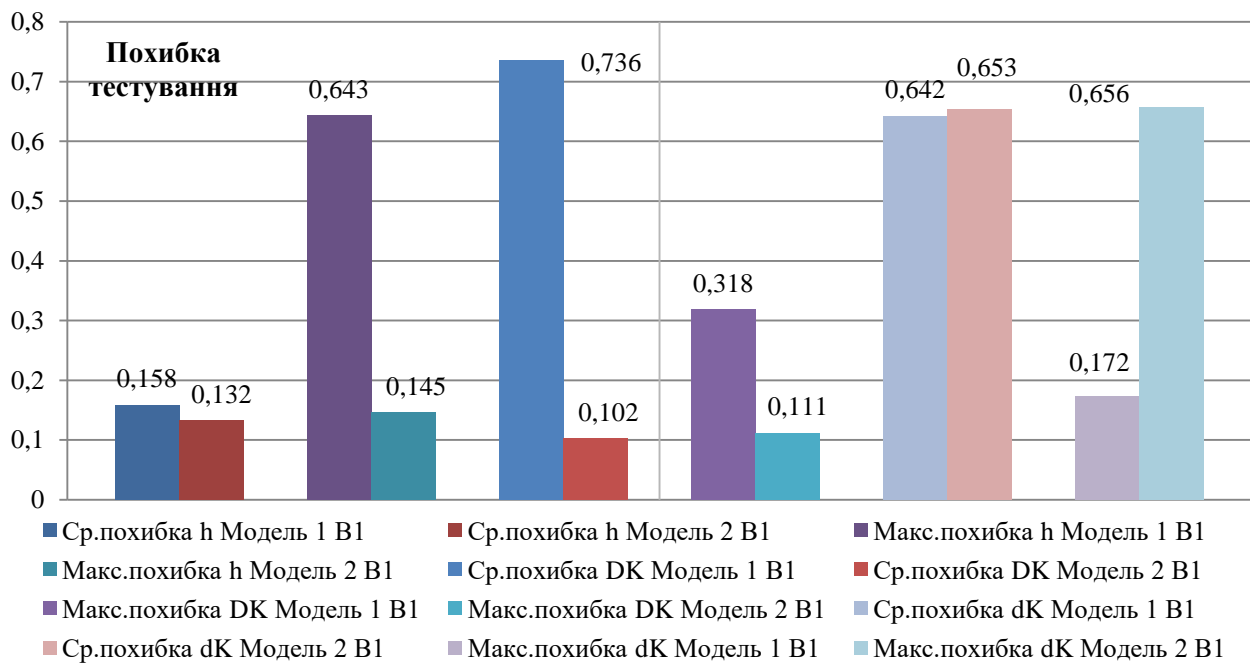
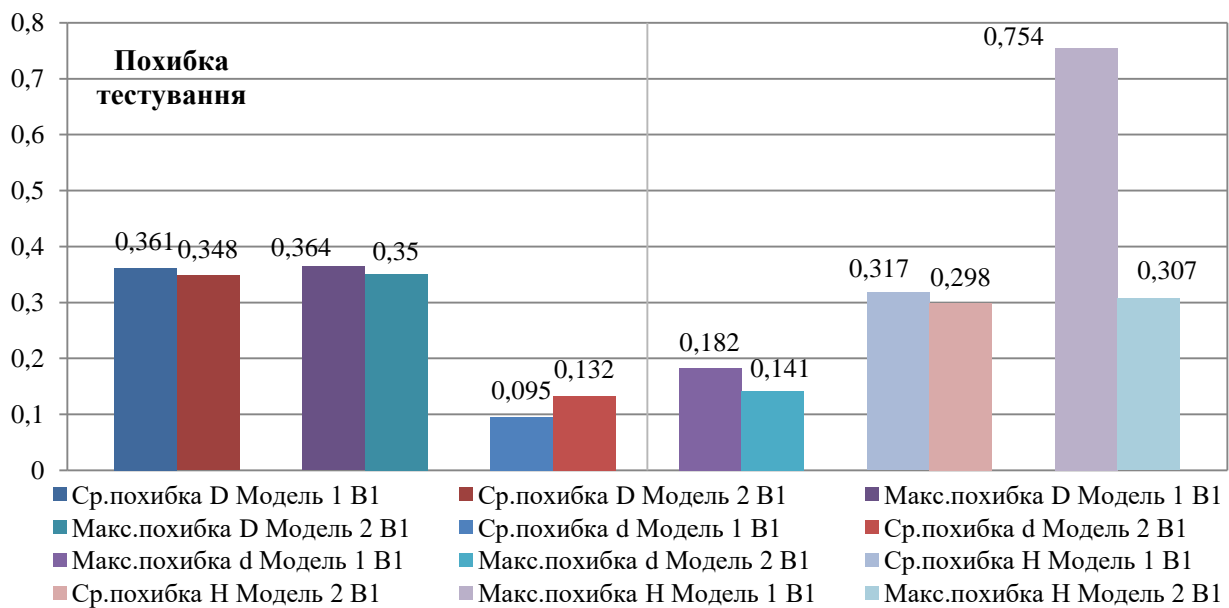


Рисунок 2 – Порівняння I варіанту моделі 1 та 2

Тобто, побудова окремої нейронної мережі з заданою точністю вихідних сигналів дає змогу отримати більш точні розміри з меншим коливанням середньої (з 0,1-0,65 до 0,05-0,09) та максимальної (з 0,11-0,65 до 0,08-0,09) похибок з однаковою кількістю вхідних сигналів. Окрім цього, у другому варіанті присутні як низькочастотні входи (X13) так і високочастотні (X90, X104, X105, X128), а у першому – тільки високочастотні (X90, X91, X104, X123, X128). У порівнянні, при однаковій кількості вхідних сигналів, оптимальним є використання другого варіанту через високу точність визначення геометричних розмірів.

**Slobodan Adžić, Marijana Milunović**, (*Faculty of Management FAM, University Union-Nikola Tesla, Belgrade, Serbia*),

**Bojan Branković** (*University in Belgrade, Faculty of Political Sciences, Belgrade, Serbia*).

## **RATIONALE FOR APPLICATION OF NEURAL NETWORK MODELING FOR ENVIRONMENTAL MONITORING**

*The authors aim to explain the connections between ecology, democracy, and leadership in a green economy. The ecology and the economy could be of equal importance with the assistance and guidance of a democratic eco leader. Ecological leadership builds on the knowledge of how to recognize environmental opportunity costs of underutilized resources and achieve eco-friendly innovation. Democracy is the basis of leadership because it is the only system that can win in the process of changing modern organizations towards green development. The eco leader is the fuel of the green economy development process.*

### **1.INTRODUCTION**

This paper aims to point out the strong bonds among ecology, democracy, and leadership. In the first part, we will show that ecology and economy are not inevitably on the opposite poles, as the Holland flower industry and the new technologies for pollutant reduction cases can prove. In the next part, we will deal with the greatest of all social experiments, democracy. It is the only system able to cope with the challenges of the ecological environment. Finally, the last part has a focus on the eco leader and his/her focal point.

### **2.ECOLOGICAL ENVIRONMENT IMPACT ON LEADERSHIP**

Porter [1], the greatest expert for competition, showed in one of his works how leadership effectively responds to dynamic changes of environment. Many people have fixed opinion that economy and ecology are on opposite poles. On one hand, here is a social advantage of a clean environment and, on the other, the costs of private capital for preventing pollution and improving environment. This statistical approach neglects the fact that companies constantly find innovative ways how to adapt themselves to changes under pressures of competition, consumers and legislation. These innovations lead to more productive use of inputs – from raw materials to energy and labor force and the increased productivity makes companies more competitive and more green [2]. These improvements in productivity reject greater yield for companies than additional costs based on new regulations. The Holland flower industry was under great pressure of the public and State because of land pollution caused by artificial fertilizers [1]. The producers, under the pressure, ceased growing flowers on the land and started to grow flowers on water and stones - and improved their productivity, competitiveness and share in world market. The pollution, releasing toxic and waste matters into environment, should be considered as uneconomical and ineffective use of resources. In this is a key of the story why the Holland flower industry today is not an exception in the world economy but ever more a rule. Also, the blame for uneconomical use of resources has been shifted to direct consumers through prices. For many leaders this concept has opened new roads towards the increase in productivity both through closed production technologies and through substitution of materials. As leaders have made a deviation from the costs of ecology, because of legal regulations, towards opportunity costs of ecology – the loss of resources, loss in profitability,

diminished value of products for consumers, the ecology and economy have found themselves at the same level. The sustainable economy of the 21st Century will be green economy [3].

In researches of 29 leading chemical plants [1], 181 new technologies for pollutant reduction have been discovered. Only one of them has caused increase of costs. Out of 70 activities on products, 68 has shown rise of productivity, 7% of them at annual level. 48 activities have been carried out without capital, two thirds of the remaining activities paid off within 6 months or in shorter time. In the mass of these activities, 1 dollar of expenditure for preventing pollution has brought 3.49 dollars of increased revenue. In 1990, the prohibition of the CFC because of ozone brought about disturbing titles in newspapers on disappearance of refrigerator, but luckily the companies dealt with innovations and not with reading black forecasts. The modern industry is based on propane-isobutene. The results are: 10% greater power efficiency and 5% lower final prices for consumers. What stand should the leaders and business organization take in these industries? The authors message is the following:

- Direct and indirect impacts on environment are to be compared.
- It should be learnt how to recognize opportunity costs of insufficiently used resources.
- Atmosphere in an organization stimulating innovative solutions increasing production should be created.
- They should be proactive in defining new type of relationships with regulation makers and ecologists.

We would like to add another one, the primary one [4]. They should, with the assistance of leaders of changes, on a democratic basis, create a high-performance organization. That type of leader named eco leader would be a champion of green development.

### **3.DEMOCRACY AND LEADERSHIP**

The democracy, the greatest of all social experiments, has not yet been rounded up nor finalized either. The democracy is being transformed. And it supports transformation. The democracy is related to people [4] and the rule how we live our lives, how we behave at work, what principles and values we adhere to, what kind of authorities we have on local and higher levels, and what are our hopes for the future. The democracy inspires the freedom, equality, individual values, justice, and openness. The democracy is open and sensitive to changes. A democratic organization is based on people who are free, intelligent and competent. The democracy is not one man – one voice, everyone-does-what-he-pleases, chaos and anarchy. It is highly organized, purposeful, accountable and disciplined.

The democracy is inevitable because it is the only system able to cope with the requirements of the modern civilization changes, both in business and in political sense [5]. In the past the business leaders were of opinion that the democracy was beautiful but not efficient in the business world. Their attitude was the “democracy is a good thing for good people, but they do not work for

me". The history has shown that nations with democratic systems have had relatively richer and more stable development than those with authoritative regimes that have been suffocating either in blood or in poverty. The democracy has been the only one that has coped with the requirements of the modern civilization changes, and it may be said that it is the only one capable of adapting itself to changes in the future as well. The practice also shows that growing number of business organizations are aware of efficiency of the democracy, not only the newly founded ones but also those with a long tradition, and they implement it successfully.

It is well known that most of the scientific institutions have always had a democratic system of organization. In the atmosphere of equality, liberalism and pluralism the forms stimulating new and more advanced ideas have been built. This is necessary to be done in the green economy as well – particularly when a change is omnipresent and when new creativity is needed. For these organizations the democracy is not an idealistic concept but an everyday reality based on effectiveness. The democracy is becoming a necessity whenever a social system strives for survival under the conditions of chaotic changes. For the organization to subsist and survive, it has to be prepared to everything and to be future-oriented, it has to develop products, services and technologies irrelevant for the present, if they may be relevant for the future.

The leader who is required to create a business environment of high-performance is undoubtedly a democratic leader [6]. Democracy is the basis of leadership because it is the only system that can cope with the demands of changes of modern civilization. The success of sustainable economic reforms depends on a series of small steps towards the establishment of high-performance with smaller organizations, organizations on the basis of a new philosophy, functions and forms of leadership, as well as the vision and values, change the strategy, structure and system of the organization.

The ideal of an organization of the future is a model preparing an enterprise to successfully face many complex problems and to respond to them in a manner which would be of utmost benefit for it [7]. In such an organization the power is not on the top but in leader's working teams. The power lies in the position, but the root of power is in expert knowledge of the team members. Such teams and organizations may not be managed in an autocratic manner.

A new leader is certainly not an autocrat but a democrat. A democrat will succeed to stimulate and motivate. A democrat will know how to use all potentials. A democrat will allow the leader's jobs to descend from the top level to the team level. A democrat will strengthen teams and team work. Such approach is the right approach that will contribute creating high performance organizations because such organizations are a set of strengths of all teams and team members in them. It may not be designed by a wish of any brilliant individual in the top position; it may be designed only if a vision of all people in the organization is a common one. Thus, the democracy lies in the core of high performance organization and a democratic leader - the leader eliminating the worn-out hierarchical systems in management, is the right type of leader for a high performance organization.

#### **4.ECO LEADER**

The best way to obtain an answer about an eco leader would be by doing researches on leaders of effective companies [8]. Out of 1,435 companies from the Fortune 500 in the period



1965-1995, by using the process of selection, it was found that there were companies which had index of growth at least three times greater than the New York Stock Exchange average, and they maintained it for at least 15 years. Such companies are called great companies. They had to be good companies that had rate of growth of shares at least 1.25 times greater than the Stock Exchange rate. They had to be the companies already existing and not the newly established ones, while their success should have not stemmed out of the economic branch success. The final number of such companies was 11, with an average growth of 6.9 times greater than the average growth of American economy. A dollar invested in these companies in 1965 after 30 years was worth 471 dollars, while investing in general markets would have rejected 56 dollars. In the paper they were compared with good companies of similar size and age, in the same branch and with similar products and services. Also, a group of unstable companies was introduced having some similarities but which had a distinctive peak in growth and fell fast, with the cycle that lasted less than 10 years. It is important to notice that with great companies the criterion was to further maintain the growth of shares at the time of researches.

The greatest shock for researchers was that all 11 great companies had leaders which were of the “same kind” [9]. The leaders leading great companies are called the level 5 leader. Level 1 includes individual competency, level 2 the team work skills, level 3 a competent manager, level 4 a traditional leader. Level 5 contains all from the preceding levels along with an “extra dimension”: paradoxical mixture of personal modesty and professional will. A level 5 leader directs his ego further from himself setting as his higher goal the creation of a great company. This does not mean that he is not ambitious, he is actually very ambitious, however, his ambitions are directed towards the institutions and not towards his own self. An interesting dual character of personality is reflected with them: modest, but willful, humble, but fearless. They as a rule do not speak about themselves but about the organization. The researches show that they as a rule come “out of home” contrary to the leaders of the compared and vanished companies. The compared companies have engaged six times more outsiders for the leadership position. Also, compared to them a level 5 leader appoints his successor at quite early stage and trains him for a successor. They will stoically and uncompromisingly do all that is necessary for the existence and growth of their organization. They are fanatically infected with producing results. When they speak about their success they say that they have been lucky. When they speak about failures they blame only themselves. Level 4 leaders do the very opposite, for their failures they blame bad luck, while they ascribe a success to their credit. I would like to notice once again that level 5 leader is not an ideological guideline, but an empirical fact.

Collins [10] has gathered a great base of level 5 leaders from all spheres of society. He has concluded that in human population there are much more of such leaders than of egocentric ones who are more represented in media. Our culture and media like leaders who are greater-than-life, and those quiet, modest and effective ones. The problem is not in shortage of the level five leaders. They are actually everywhere around us. The dynamic changes expected in this century will condition our attention towards them so that green economy and sustainable society could successfully cope with changes, because they are the key to overcoming them effectively. The task of society will be to identify, cultivate and develop them.

Effective eco leaders [11]:

- Define mission of an organization as a framework for performing environmental activities.
- Create eco-friendly environment in which people are not only esteemed but also encouraged to achieve their full potential, where everyone is treated equally.
- Shape corporate culture in order to replace conformity, obedience and mechanical behavior with eco-friendliness, creativity, autonomous and continual learning.
- Transform organizational forms from a rigid pyramid towards the fluid circle, towards the developed network of autonomous units.
- Encourage innovating, experimenting and risk taking.
- Anticipate the future by reading the present.
- Make new bonds within organizations and new connections within collaborating teams.
- Establish new alliances outside their organizations.
- Constantly study organizational forms of both their own organizations and those advanced in ecologically sustainable environment.
  - Identify environmentally hazardous links and replace them.
  - Think globally rather than nationally or locally.
  - Identify and respond to new and unforeseeable needs of collaborators.
  - They are proactive, not reactive, and comfortable towards ambiguity and uncertainty.
  - For them eco-friendliness is not an option, but the focal point.

## 5.CONCLUSION

Very vivid connections among ecology, democracy, and leadership have built a clear path toward an ecological leadership. The eco leaders are a basis for democratic development in modern green economy, in which the power is distributed and not concentrated. It is crucial that he/she accepts the human nature as such and to respond to it. A level 5 eco leader will succeed in responding to changes of this century. Eco leader would be a champion of the green development and an engine of the green economy. For them eco-friendliness is not an option, but the focal point of their vision.

## REFERENCES

- [1] M. Porter and C. Van der Linde, "Green and Competitive: Ending the Stalemate," in *Strategy and Competition: The Porter Collection*, M. Porter and J. Magretta, Eds. Harvard Business Review Press, 2014, pp. 347–372.
- [2] T. Janovac, M. Brzaković, P. Radanov, and P. Brzaković, "Ekološke inovacije u službi održivog razvoja," *Ecologica*, vol. 25, no. 89, pp. 41–46, 2018.

- [3] J. Premović, N. Đokić, L. Arsić, and R. Micić, "Zelena ekonomija - održiva ekonomija XXI veka," *Ecologica*, vol. 25, no. 91, pp. 512–516, 2018.
- [4] S. Adžić, *Leadership in the High Performance Organizations*. Saarbrücken: Lap Lambert Academic Publishing, 2017.
- [5] E. Markopoulos and H. Vanharanta, "Project teaming in a democratic company context," *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, vol. 19, no. 6, pp. 673–691, Nov. 2018, doi: 10.1080/1463922X.2018.1439543.
- [6] Z. Kaličanin and M. Kaličanin, "The importance of leadership for sustainable development of Serbia," *Ecologica*, vol. 21, no. 74, pp. 232–236, 2014.
- [7] M. Petković, N. Janićijević, and B. Bogičević Milikić, *Organizacija: teorije, dizajn, ponašanje, promene*. Beograd: Ekonomski fakultet, 2014.
- [8] J. Collins, *Good to Great: Why Some Companies Make the Leap...And Others Don't*. Harper Business, 2011.
- [9] J. Collins, "Level 5 Leadership," in *The Jossey-Bass Reader on Educational Leadership*, John Wiley & Sons, 2009, pp. 27–50.
- [10] J. Collins, "Good to Great - (Why Some Companies Make the Leap and others Don't)," *NHRD Network Journal*, vol. 2, no. 7, pp. 102–105, Oct. 2009, doi: 10.1177/0974173920090719.
- [11] W. Bennis and W. G. Bennis, *On Becoming a Leader*. Createspace Independent Pub, 2010.

**Мироненко М., Ковалевський С.В.** (Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ – Тернопіль, Україна)

## НЕЙРОАЛГОРИТМИ СІНТЕЗА СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ СКЛАДНИМИ КОМПЛЕКСАМИ

*В роботі представлені результати моделювання об'єктів, які мають динамічні ознаки. Запропонована концепція об'єднання технології нейромережного моделювання і теорії клітинних автоматів і надані рекомендації щодо побудови таких моделей.*

*The paper presents the results of modeling objects that have dynamic characteristics. The concept of combining the technology of neural network modeling and the theory of cellular automata is proposed and recommendations are given for the construction of such models.*

Постановка цього завдання пов'язана з необхідністю перетворення координат таким чином, щоб з безлічі кортежів  $Y = \{X_1; X_2; \dots X_n; y\}$  отримати рівняння виду:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n.$$

Суть від цього перетворення полягає в тому, щоб можна було знайти такі коефіцієнти  $a_{i(i=0..n)}$ , при яких:

1. Здійснюється кластеризація (класифікація) об'єктів, тобто. визначення таких значень коефіцієнтів  $a_i$ , у яких відстань між центром групування кортежів однієї групи щодо іншій - максимальне, а розкид їх значень – мінімальний, тобто. необхідно знайти такі значення  $a_i$ , при яких безліч  $y_{r(I)}$  будуть максимально віддалені від безлічі  $y_{r(II)}$ ,  $\Delta = (\bar{y}_{r(I)} - \bar{y}_{r(II)})^2 \longrightarrow \max$ , а при цьому  $D_{yr(I)}$  і  $D_{yr(II)}$  будуть мінімальними:

$$D_{yr(I)} \longrightarrow \min$$

$$D_{yr(II)} \longrightarrow \min$$

У прикладі показано розбиття множини на дві групи (класу). Аналогічно для будь-якої кількості груп (класів).

2. Здійснюється ідентифікація об'єкта, коли на підставі картежів  $y_i = \{X_1; X_2 \dots X_i\}_{i=1-n}$  визначається рівняння  $y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n$ . Це рівняння має відповідати всім значенням частини кортежу – тестової вибірки.

Очевидно, створення ідентифікаційної моделі утруднено через нелінійність коефіцієнтів  $a_i$  залежно від значень  $X_i$ . Такий висновок ґрунтується на наших ранніх роботах, присвячених гомеостатичним нейромережним моделям та моделям з деревоподібною структурою нейронної мережі. Пошук значень коефіцієнтів традиційними методами (метод градієнта, метод Гаусса-Зайделя, метод Монте Карло тощо) підтвердив це припущення.

Стверджувати таким чином, що ці методи універсальні для будь-яких поєднань  $Y = \{X_1; X_2; \dots X_n; y\}$  не завжди можливо. Тому для визначення значень коефіцієнтів нами розроблено і реалізовано метод, заснований на створенні моделей клітинного простору як сукупності нейроподібних елементів клітинних автоматів. Кортеж вихідних даних представлений так:

$$\begin{array}{cccccc}
 - & & & & & \\
 X_{11} & X_{21} & X_{31} & \dots & X_{n1} & y_1 \\
 X_{12} & X_{22} & X_{32} & \dots & X_{n2} & y_2 \\
 - & - & - & \dots & - & - \\
 X_{1m} & X_{2m} & X_{3m} & \dots & X_{nm} & y_m
 \end{array}$$

Матриця коефіцієнтів  $a_i$  представлена у вигляді:

$$a_0 \quad a_1 \quad a_2 \quad \dots \quad a_n$$

В результаті «руху» клітинних автоматів у клітинному просторі до сталого стану за множиною координат має бути сформована матриця коефіцієнтів  $a_i$ :

$$\begin{array}{cccccc}
 X_{11} & X_{21} & X_{31} & y_1 & & 1 & 1 & 1 & y_1^* \\
 X_{21} & X_{22} & X_{32} & y_2 & X & 1 & 1 & 1 & y_2^* \\
 X_{31} & X_{23} & X_{33} & y_3 & & 1 & 1 & 1 & y_3^*
 \end{array} = a_1 \quad a_2 \quad a_3 \quad a_0$$

Створення ідентифікаційної моделі у клітинному просторі клітинних автоматів передбачає реалізацію двох стадій «життєвого циклу» моделі.

-Навчання.

-Відтворення.

На стадії навчання кортежу входів моделі має відповідати кортеж модельних виходів із заданою точністю відтворення.

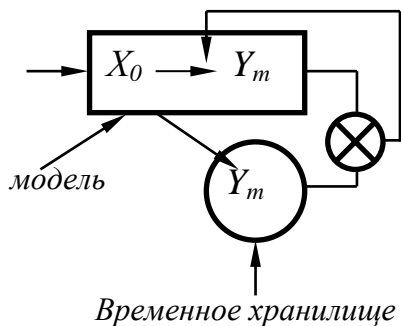


Рисунок 1 – Концептуальна схема моделі

Розузгодження модельного виходу та досвіду є фактором, що впливає на зміну (продовження) процесу перетворення  $X_0$  в  $Y_m$ . Для клітинного автомата це може бути мірою закінчення будь-якого ітераційного процесу: якщо неузгодженість дорівнює «0», процес будівництва моделі завершується. Аналогія клітинного автомата при такому перетворенні асоціюється з формуванням нових нейронів до тих пір, поки їхня сукупність не відобразить результат  $Y_m = Y_0$  при  $X_0$  (рис.2).

При цьому може бути будь-яка конфігурація клітинного простору: або на заздалегідь розміченій множині, або на безлічі, що добудовується. Така невизначеність зумовлює таку вимогу до клітинного простору: безліч клітинних автоматів у моделі має бути фіксованою та кінцевою. Формально клітинний простір може бути отриманий шляхом «склеювання» «а» і «а», «b» і «b», «ab» і «ab» (рис. 3)

Нехай є конструкція виду:

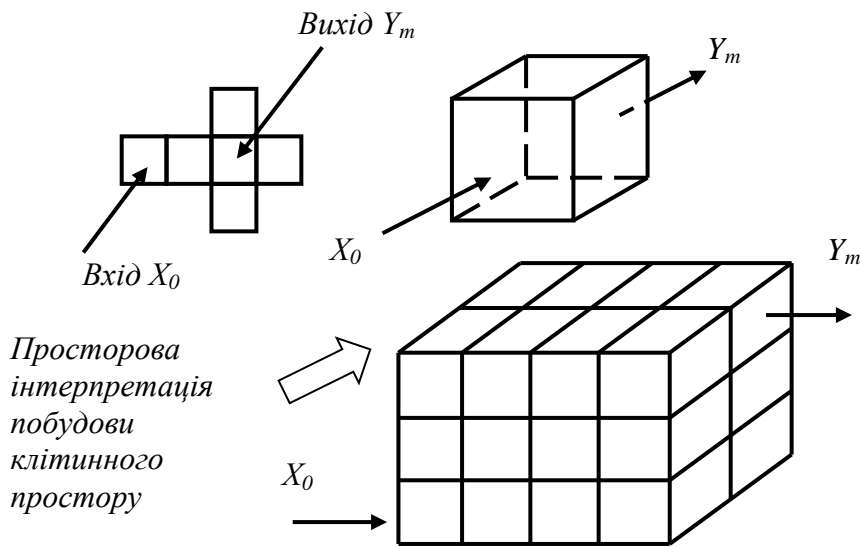


Рисунок 2 – Формування клітинного простору

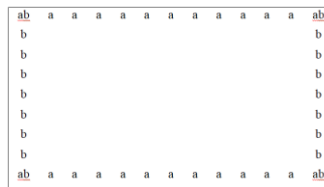


Рисунок 3 – Розгортка клітинного простору

"Склеєні" таким чином клітини стають "єдиною клітиною".

Оскільки розмірність такого  $n \times m$  простору вимагає граничних умов, які жорстко регламентують обсяг клітинного простору і при цьому вимагають розвитку його території, то відсутність таких у найпростішому випадку спостерігатиметься у тора, де всі клітини матимуть сусідів з усіх боків для будь-якої клітини клітинного простору (рис.4).

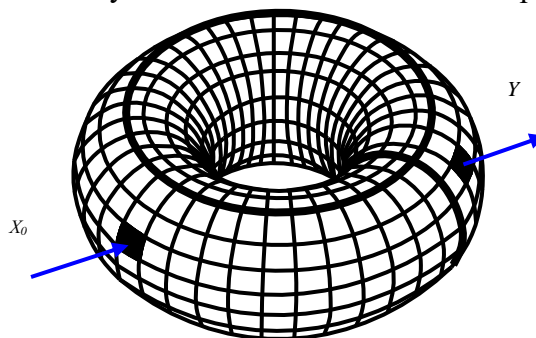


Рисунок 4 – Клітинний простір з «нескінченим» безліччю можливих перетворень

Представлений вище варіант («a»-«a»; «b»-«b»; «ab»- «ab») є лише поверхнею тороїда, що збігається з характеристикою класичних моделей клітинних автоматів, які є поверхневими моделями.

**Олійник С.Ю.** (Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ – Тернопіль, Україна)

### **КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИХОВНИХ ЗАХОДІВ В ДДМА З ВИКОРИСТАННЯМ АПАРАТУ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ.**

*Сучасні системи оцінювання часто включають відкриті запитання або запитання з варіантами відповідей. Тобто при розв'язуванні заданої задачі оцінюється результат, а дії учня можна ігнорувати, поки він не досягне результату. Нечітка логіка є одним із методів, який можна використовувати для надання такого роду оцінки та усунення невизначеності. У цьому дослідженні представлена модель успішності та оцінювання підсумкових і організаційно-виховних заходів, яка базується на нечіткій логіці, яка взаємодіє зі студентами, щоб ефективніше впоратися з цими невизначеностями та виміряти певний рівень взаємодії.*

*Modern assessment systems often include open-ended or multiple-choice questions. That is, when solving a given problem, the result is evaluated, and the student's actions can be ignored until he achieves the result. Fuzzy logic is one technique that can be used to provide this kind of estimation and remove uncertainty. This study presents a fuzzy logic-based success and evaluation model for summative and organizational learning activities that interacts with students to more effectively deal with these uncertainties and measure a certain level of engagement.*

Освіта визначається як процес створення бажаних змін у поведінці людей навмисно та через їхній власний досвід. Щоб переконатися, що людина навчається все життя, спочатку її потрібно навчити. Навчання протягом усього життя, з іншого боку, може бути досягнуто завдяки розвитку інформаційно-комунікаційних технологій і прогресу в освітніх технологіях.

Дистанційне навчання – це освітня система, в якій викладач і студент не поділяють одне фізичне середовище, без часових обмежень, синхронно чи асинхронно за допомогою інформаційних технологій, і яка забезпечує можливість ретроспективного повторення. Деякі проблеми також виникли з широким використанням систем дистанційного навчання. Вибір освітньої системи, яка буде використана, оцінка успішності, академічна етика та відвідуваність є основними освітніми проблемами. На додаток до них, неадекватність технологічної інфраструктури виникла як технічна проблема.

З поширенням методів штучного інтелекту та їх застосуванням у кожній галузі вони також знайшли застосування в освітніх науках. Особливо тому, що нечітка логіка та системи логічного висновку досягають успішних результатів у випадках невизначеності, вони ефективно використовуються в освітніх науках і їх використання зростає. Різні когнітивні та афективні структури студентів, невизначеність в оцінюванні та оцінюванні, а також розвиток освітніх технологій є основою збільшення додатків на основі штучного інтелекту. Одна з важливих проблем у дистанційному навчанні полягає в тому, як оцінити успішність студента на проблемних курсах. Сучасні системи оцінювання часто включають відкриті запитання або запитання з варіантами відповідей. Тобто при розв'язуванні заданої задачі оцінюється результат, а дії учня можна ігнорувати, поки він не досягне результату. Коли метою іспитів є визначення рівня навчання учня та оцінювання лише успішних чи неуспішних уроків, які включають вирішення проблем, це створить невизначеність у визначенні рівня навчання. На таких іспитах рівень навченості студента має інтерпретуватися з більш ніж двома результатами. Нечітка логіка є одним із методів, який можна використовувати для надання такого роду оцінки та усунення невизначеності. У цьому дослідженні представлена модель успішності та оцінювання іспитів, яка базується на нечіткій логіці, яка взаємодіє зі студентами, щоб ефективніше впоратися з цими невизначеностями та виміряти взаємодію.

Представлена модель включає в себе підхід на основі нечіткої логіки для визначення успішності студента з предмета та наприкінці семестру. З розвитком технологій відбувся перехід до веб-моделі дистанційного навчання, яка використовується сьогодні. В даний час існує багато досліджень програмного забезпечення, що використовується в дистанційному навчанні. У цих дослідженнях було порівняно багато програмного забезпечення. Усі методи, які педагог використовує для отримання зворотного зв'язку під час або після процесу навчання, можуть бути виражені як оцінювання та оцінювання. Хоча оцінювання та оцінювання зазвичай розглядаються як останні етапи освіти, оскільки навчання включає процес, вони необхідні на кожному етапі процесу навчання. З цієї причини оцінювання, яке проводиться протягом усього навчального процесу, має на меті формування та спрямоване на визначення рівня навчання студента наприкінці семестру або наприкінці розділу. Підсумкові іспити, завдання або проекти включаються в оцінку для визначення рівня. У літературі, у дослідженнях для оцінювання та оцінювання та оцінки успішності студентів, штучних нейронних мереж, глибокого навчання, випадкового лісу, логістичної регресії, багатосарового перцептрона.

У дослідженнях з оцінки успішності вплив педагога, програмне забезпечення іспиту, рухи студента в системі, статус відвідуваності, аналіз контрольної роботи, оцінка проекту і вираження граничних балів за допомогою нечіткого висновку. У дослідженні, в якому успішність студентів оцінювалася за допомогою нечіткого логічного висновку, використовувалися дві функції приналежності та предметні бали студентів. У дослідженні використовувалася нечітка нейронна мережа, яка враховує такі фактори, як вік, стать, освіта, минула успішність, статус роботи та робоче середовище для прогнозування успішності студентів.

Лінгвістичні вирази дуже добре, добре, непогано, помірно, погано та дуже погано можуть бути використані у виході системи нечіткого логічного висновку. У дослідженнях, може проводитися оцінка ефективності на основі нечіткої логіки, оцінка ефективності проводилася за допомогою домашніх завдань, тестів, проміжних і фінальних іспитів, перегляду відео, читання книг, особистого розвитку, комунікативних навичок та інформації про участь. При оцінюванні успішності студентів існують дослідження, в яких попередній рівень навчання використовується разом із поточною ситуацією. У цих дослідженнях використовувалася нечіткий логічний висновок із зворотним поширенням і комбінація двох систем нечіткого логічного висновку. У дослідженні, яке використовує 4-значну нечітку логіку зворотного зв'язку для оцінювання досягнень учнів, кожне значення представляє місяці навчального процесу. Вихід системи може мати чотири значення: «потрібно більше зусиль», «як очікувалося», «добре» і «дуже добре». У дослідженнях з використанням нечіткої логіки з метою усунення невизначеності в прохідних балах студентів успішність або неуспішність студента оцінювали за допомогою лінгвістичних виразів. В іншому дослідженні як вхідні параметри для нечіткого логічного висновку використовували оцінку іспиту, участь у форумах, відсутність на занятті, а як вихідний параметр використовували успішність студента. Відповідно до результатів дослідження, яке вивчає вплив нечіткої логіки на успішність студентів на підсумковому іспиті, студенти з високими онлайн-оцінками та процесами самонавчання можуть показати високу успішність на випускному іспиті. Вхідні дані особи, яка приймає нечіткі рішення, повинні включати оцінки за проміжні та пробні іспити, а вихідні дані - 5 лінгвістичних значень (дуже слабкий, слабкий, середній, добрий і дуже хороший). Як функція належності може використовуватися трикутна функція приналежності. У класичній множині елемент або є елементом множини, або ним не є.

Використовуючи наданий підхід до комплексної оцінки ефективності виховних заходів з використанням апарату нечіткої логіки можливо виключити суб'єктивний підхід в цьому процесі і створити систему безперервного моніторингу виховних заходів в ДДМА і умовах дистанційного надання освітніх послуг.



**Онищук С.Г., Тулупов В.І.** (Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ – Тернопіль, Україна)

## **ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ.**

*В роботі наданий приклад того, як результати нейромережевого моделювання дозволяють створити адаптивну систему управління. Використовуючи ці нейромережні моделі, можна за допомогою спектра коливань в технологічній системі визначити відносне зношування ріжучого інструменту та режимів різання, що дозволяє підібрати раціональні режими експлуатації технологічної системи.*

*The paper provides an example of how the results of neural network modeling allow creating an adaptive control system. Using these neural network models, it is possible to determine the relative wear of the cutting tool and cutting modes using the spectrum of fluctuations in the technological system, which allows choosing rational operating modes of the technological system.*

Досвід експлуатації технологічних систем показує, що різальний інструмент є найменш надійним елементом. Розсіювання стійкості інструменту, непередбачені відмови призводять до зниження продуктивності праці, виникнення шлюбу основного виробництва, підвищеної витрати інструменту є дестабілізуючим фактором механообробного процесу. Підвищений зношування інструменту може мати місце внаслідок незнання або неправильної оцінки режимів різання в даних конкретних технологічних умовах. У такому разі рекомендується накопичення та використання банку даних щодо застосування інструменту, в якому враховувалися б умови експлуатації та стійкість інструменту конкретного виду, матеріалу, від конкретного постачальника при застосуванні його за різними матеріалами, з різними режимами різання, різними СОТС.

У міру накопичення статистичного матеріалу, можливе застосування примусової заміни інструменту, не чекаючи його катастрофічного зношування або надмірного впливу на точність і стабільність поверхонь, що обробляються. Але для цього необхідний всебічний аналіз та обґрунтоване прийняття рішень щодо вибору режимів різання з метою забезпечення, з одного боку, довговічності інструменту, з іншого – необхідної продуктивності обробки.

Таким чином, метою є розробка методу діагностики якості технологічної системи.

Для досягнення поставленої мети сформульовано основні завдання, які необхідно вирішити:

1. Розробити методику експериментальних досліджень та провести експериментальні дослідження для діагностики якості технологічної системи на основі комплексної оцінки параметрів шорсткості обробки.

2. За результатами експериментальних досліджень виконати обробку вимірів.

3. Розробити математичні моделі визначення раціональних режимів різання та величини зносу для заданих умов експлуатації технологічної системи.

4. Сформулювати практичні рекомендації щодо застосування діагностики якості технологічної системи на основі комплексної оцінки параметрів шорсткості обробки у машинобудівних процесах.

У зв'язку з вирішенням поставлених завдань можна виділити основні ознаки наукової новизни роботи, а саме:

1. Виявлено ефективні напрями визначення раціональних режимів різання та зносу ріжучого інструменту.

2. Запропоновано новий метод діагностики якості технологічної системи на основі комплексної оцінки параметрів шорсткості обробки.

В якості об'єктів дослідження було обрано вуглецеву конструкційну сталь 45 і сталь 20. Обробка проводилася на верстаті 1К62. Заготовки зі сталі 45 і 20 стали оброблялися на різних режимах трьома різними пластинами. Фіксувалася величина зношування інструменту і переводилася у відносний зношування (мкм/км). Пластини були представлені фірмами Sandvik Coromant, Vandurit та Seco:

- 1 - Sandvik Coromant CNMG 120408 PF, сплав 4015;
- 2 - Vandurit CNMG 120408-4D V122, сплав P20;
- 3 - SECO CNMG 120408 PF, сплав 4015.

Обробка проводилася з режимами різання:  $V_1=80$  м/хв.,  $V_2=130$  м/хв.,  $S_1=0,2$  мм/об.,  $S_2=0,4$  мм/об.,  $t_1=0,25$  мм,  $t_2 = 1$  мм.

В результаті вийшло 48 зразків. Для виміру шорсткості вздовж сліду інструменту з кожного зразка зробили зліпок. Зліпок робився наступним чином: на папір наносився невеликий шар силіконового клею, зразок прокочувався цим шаром, застиглий клей утворював на папері зліпок гарної якості. Вимірювання параметрів шорсткості проводилося за допомогою профілометра TR200.

Після проведення експерименту проводився аналіз філограм. Під час аналізу філограм будувалися графіки спектральної щільності – спектрограми. Спектральна густина є функцією, що описує розподіл дисперсії нерівностей за частотами. Вона показує які нерівності переважають у цьому профілі.

Функція спектральної щільності дозволяє виконати гармонійний аналіз і виявити найінтенсивніші складові у профілактограмі. Це дозволяє виявити фактори, що діють з певною періодичністю в процесі формування шорсткості поверхні та скоригувати (за потреби) параметри процесу різання.

Застосування інструментарію нейромережевого моделювання дозволило виконати аналіз отриманих філограм та спектрограм, оскільки нейромережеве моделювання використовується для вирішення слабо формалізованих завдань з неповною інформацією при великій кількості вхідних факторів.

На основі використаної таблиці кортежів даних (тобто результатів експерименту з відомими вхідними та вихідними факторами) виконано навчання нейронної мережі. Як відомо, навчена нейронна мережа набуває здатності здійснювати асоціативні зв'язки між вхідними та вихідними факторами технічної системи і є модель явища, за допомогою якої можна робити результативні висновки.

За результатами експерименту за допомогою програмного забезпечення NeuroPro 0.25 було побудовано три математичні моделі на основі нейромережевого моделювання. У першій - вхідними симптомами були показники частотних фільтрів ( $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{15}, x_{16}, x_{17}$ ), а  $x$  відносного зносу. У другій – вхідними симптомами були матеріал заготівлі, вид пластини, глибина різання, подача та швидкість різання ( $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5$ ), а кінцевими синдромами – значення відносного зносу. У третій - вхідними симптомами були показники частотних фільтрів ( $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{15}, x_{16}, x_{17}$ ), а заготовки, вид пластини, глибина різання, подача та швидкість різання.

Результати нейромережевого моделювання дозволяють створити адаптивну систему управління. Використовуючи ці нейромережні моделі, можна за допомогою спектра визначити відносне зношування та режими різання, а значить підібрати раціональну швидкість різання та зношування для заданих умов експлуатації технологічної системи.

На основі отриманих даних та нейромережевого моделювання, було розроблено новий метод діагностики за допомогою оцінки шорсткості вздовж сліду інструменту. Перевагою даного методу діагностики є те, що він дозволяє визначити зношування інструменту, а також вибрати режими різання та інструмент, що найбільш підходять для даної технологічної системи.

*Наукове видання*

**НЕЙРОМЕРЕЖНІ ТЕХНОЛОГІЇ  
ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ  
НМТІЗ-2022**

**Збірник наукових праць**

Загальною редакцією  
д-ра техн. наук, проф. С. В. Ковалевського і  
Hon.D.Sc., prof. Predrag Dašić

32/2016    Формат 60 x 84/16.    Ум. друк. арк. 16,1  
Обл.-вид. арк. 17,2. Тираж 100 прим. Зам. № 13

Видавець і виготівник  
Донбаська державна машинобудівна академія  
84313, м. Краматорськ, вул. Академічна, 72.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
ДК № 1633 від 24.12.2003