

УДК 004.8

DOI <https://doi.org/10.32689/maup.it.2022.2.9>

Антон МАЛЬЦЕВ

кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри математичних методів системного аналізу, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», просп. Перемоги 37, Київ, Україна, індекс 03056 (ayumaltsev@gmail.com)

Anton MALTSEV

PhD, Associate Professor at the Department of Mathematical Methods of System Analysis (MMSA), National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", 37 Peremohy Avenue, Kyiv, Ukraine, postal code 03056 (ayumaltsev@gmail.com)

Бібліографічний опис статті: Мальцев, А. (2022). Аналіз сучасних досягнень у галузі штучних нейронних мереж, машинного навчання та обчислювального інтелекту. *Інформаційні технології та суспільство*, 2 (4), 65–69. DOI: <https://doi.org/10.32689/maup.it.2022.2.9>

Bibliographic description of the article: Maltsev, A. (2022). Analiz suchasnykh dosiahnen v haluzi shtuchnykh neironnykh merezh, mashynnoho navchannia ta obchysliuvalnoho intelektu [Analysis of modern achievements in the field of artificial neural networks, machine learning and computational intelligence]. *Informatsiini tekhnolohii ta suspilstvo – Information technology and society*, 2 (4), 65–69. DOI: <https://doi.org/10.32689/maup.it.2022.2.9>

**АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ДОСЯГНЕНЬ У ГАЛУЗІ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ,
МАШИННОГО НАВЧАННЯ ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО ІНТЕЛЕКТУ**

Мета – здійснити аналіз сучасних досягнень у галузі штучних нейронних мереж, машинного навчання та обчислювального інтелекту.

Методологія: структуризація сучасних досягнень у галузі штучних нейронних мереж, машинного навчання та обчислювального інтелекту; аналіз динаміки наукових публікацій за темою дослідження.

Наукова новизна. У статті вперше структуровано аналіз сучасних досягнень у галузі штучних нейронних мереж, машинного навчання та обчислювального інтелекту. Наголошено, що штучна нейронна мережа являє собою один зі способів реалізації штучного обчислювального інтелекту, у межах становлення якого є велика сфера – машинне навчання, яке є його основою. Здійснено структуризацію положення штучних нейронних мереж, машинного навчання та обчислювального інтелекту. Охарактеризовано сфери застосування розробок у галузі штучних нейронних мереж, машинного навчання та обчислювального інтелекту: у медичній сфері розроблено дієвий алгоритм машинного навчання, метою якого є оцінка ступеня ризику серцево-судинних захворювань пацієнтів; у фінансовій сфері машинне навчання дозволяє виявити потенційні випадки шахрайства у різних сферах життя; електронна комерція запроваджує основні механізми машинного навчання як методологію передбачення впливу акцій на обсяг продажу товарів; як природну мову для створення чат-ботів, які б допомогли клієнтам отримати необхідну інформацію про продукти компанії; транспортна інфраструктура впроваджує концепт, що спирається на нейронні мережі, в яких штучний інтелект відповідає за розпізнавання навколишніх об'єктів, таких як сторонній автомобіль, пішохід, перешкода на шляху тощо; промисловість застосовує штучні нейронні мережі з метою розробки синтетичних молекул, регулювання складу та параметрів металу у разі його виплавки, те ж стосується і робіт з виплавки скла та виробів, що у своєму складі мають комплекс компонентів. У табличній формі представлено сучасні досягнення в галузі штучних нейронних мереж, машинного навчання та обчислювального інтелекту за 2020–2021 роки.

Висновки. У роботі здійснено аналіз сучасних досягнень у галузі штучних нейронних мереж, машинного навчання та обчислювального інтелекту, в основі чого лежить перцептрон як кібернетична модель сприйняття інформації мозком.

Ключові слова: штучна нейронна мережа, машинне навчання, обчислювальний інтелект, досягнення, наука, розробка, галузь.

**ANALYSIS OF MODERN ACHIEVEMENTS IN THE FIELD OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS,
MACHINE LEARNING AND COMPUTATIONAL INTELLIGENCE**

Objective is to analyze current advances in artificial neural networks, machine learning and computational intelligence.

Methodology: structuring modern advances in artificial neural networks, machine learning and computational intelligence; analysis of the dynamics of scientific publications on the research topic.

Scientific novelty. The article for the first time structures the analysis of modern achievements in the field of artificial neural networks, machine learning and computational intelligence. It is emphasized that the artificial neural network is one of the ways to implement artificial computational intelligence, within the formation of which there is a large area – machine learning, which is its basis. The positioning of artificial neural networks, machine learning and computational intelligence has been structured. The spheres of application of developments in the field of artificial neural networks, machine learning and

computational intelligence are described: in the medical field an effective machine learning algorithm has been developed to assess the degree of risk of cardiovascular diseases in patients; in the financial sphere, machine learning allows to detect potential cases of fraud in various spheres of life; e-commerce introduces the basic mechanisms of machine learning as a methodology to predict the impact of shares on sales; as a natural language for creating chatbots that would help customers get the necessary information about the company's products; transport infrastructure implements a concept based on neural networks, in which artificial intelligence is responsible for recognizing surrounding objects such as a foreign car, pedestrian, roadblock, etc. The industry uses artificial neural networks to develop synthetic molecules, regulate the composition and parameters of the metal during its smelting, the same applies to work on the smelting of glass and products that contain a complex of components. The tabular form presents current achievements in the field of artificial neural networks, machine learning and computational intelligence for 2020–2021.

Conclusions. The paper analyzes the current achievements in the field of artificial neural networks, machine learning and computational intelligence, which is based on the perceptron as a cybernetic model of information perception by the brain.

Key words: artificial neural network, machine learning, computational intelligence, achievements, science, development, industry.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Темпи розвитку машинного навчання та штучного інтелекту за межами конкретних математичних методів оптимізації, обробки та аналізу даних вражають. Дослідження принципів використання, комбінування та вибору конкретних моделей та методів машинного навчання покладено в основу сучасних досліджень багатьох учених. Проблематикою становлення розуміння сфери машинного навчання та штучного обчислювального інтелекту є величезна кількість розрізнених методів, кожен з яких має свої особливості, сферу використання та переваги. З огляду на масштабність математичних та алгоритмічних методів стає все важче орієнтуватися у всіх нюансах застосовуваних алгоритмів. Проблемою є той факт, що методологічна база значно відстає від швидкого процесу розробки нових алгоритмів навчання, і процес вибору моделі, що навчається, часом зводиться до простого перебору.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Упродовж останніх років оприлюднено низку праць, у яких досліджуються основні аспекти штучного нейронного інтелекту, його розвиток, становлення та інноваційні відкриття.

Ю. Хома та А. Бенч [1] здійснили порівняльний аналіз спеціалізованих програмних та апаратних засобів для алгоритмів глибокого навчання. С. Денежников [2] підійшов до вирішення питання трансгуманістичних перспектив розвитку штучного інтелекту. М. Угрюмов, С. Черниш, В. Стрілець та Є. Меньяйлов [3] сформулювали постановку багатокритеріальних завдань, що параметрично оптимізуються та приймаються у розрахунках нерівнозначності вхідних даних. Способи використання нейронних мереж та машинного навчання в комп'ютерних іграх дослідив К. Сеніва [4]. Науковцем підкреслено, що ремастерінг і модифікації ігор нейронними мережами стали новим трендом. О. Григоров, Г. Аніщенко, В. Стрижак, Н. Петренко, О. Турчин, А. Окунь та О. Пономарьов [5] розкрили генезис машинного навчання (machine learning) та штучного інтелекту (artificial intelligence), ці розділи являють собою необхідні умови Індустрії 4.0 (Industry 4.0).

Із зарубіжних авторів варто відзначити роботи таких науковців, як: Amer Mohammed [6], K. R. Padma & K. R. Don [7], Mangini Stefano & Tacchino Francesco & D. Gerace & D. Bajoni & C. Macchiavello [8], Mangini Stefano & Tacchino Francesco & Gerace Dario & Bajoni Daniele & Macchiavello Chiara [9] та інші.

Проте з огляду на описані наукові набутки за темою питання аналізу сучасних досягнень у галузі штучних нейронних мереж, машинного навчання та обчислювального інтелекту залишається відкритим та потребує детального опрацювання.

Формулювання мети статті – здійснити аналіз сучасних досягнень у галузі штучних нейронних мереж, машинного навчання та обчислювального інтелекту.

Виклад основного матеріалу дослідження. Основна частина наукових досліджень у сфері штучного обчислювального інтелекту ґрунтується на глибокому навчанні, сюди варто віднести автомобілі на безпілотному керуванні, робототехніку, медичні застосування засновані на інтелекті. Однак багато сучасних учених стверджують, що глибоке машинне навчання має вичерпні ресурси та у найближчому часі відкриє місце більш інноваційним методам. Аналіз наукових досягнень у мережі Інтернет, а саме на arXiv¹, вказує на період виникнення перших робіт у галузі штучних нейронних мереж, машинного навчання та обчислювального інтелекту датованих 1993 роком. Далі з кожним наступним роком простежувалась тенденція до збільшення, піковою точкою став 2021 рік (рисунок 1).

Починаючи з 2000 року більшість учених напрям своєї роботи спрямували на вивчення та розробку методів навчання штучних нейронних мереж. Так, було запропоновано Байєсовські мережі, Марковські мережі, метод опорних векторів, еволюційні алгоритми тощо (рисунок 2).

¹ <https://uk.wikipedia.org/wiki/ArXiv.org>

Однією з найбільш впливових розробок стало розкриття принципів навчання штучних нейронних мереж за допомогою вчителя, без вчителя та навчання з підкріпленням. Аналізуючи досягнення за сферою та за роками, варто підкреслити, що кожне інноваційне відкриття відразу привертало увагу великої частки науковців, та кількість розробок за такою сферою стрімко збільшувалася. Так, розробки у сфері штучних нейронних мереж були на піку популярності у 1960-х роках та з новою силою привернули до себе увагу у 2010-х.

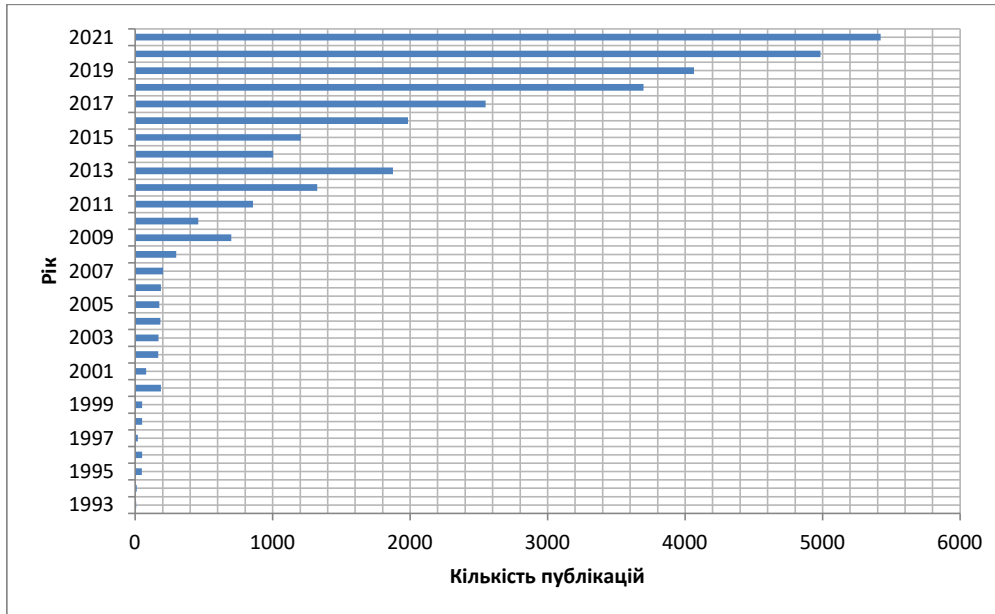


Рис. 1. Динаміка наукових публікацій у галузі штучних нейронних мереж, машинного навчання та обчислювального інтелекту

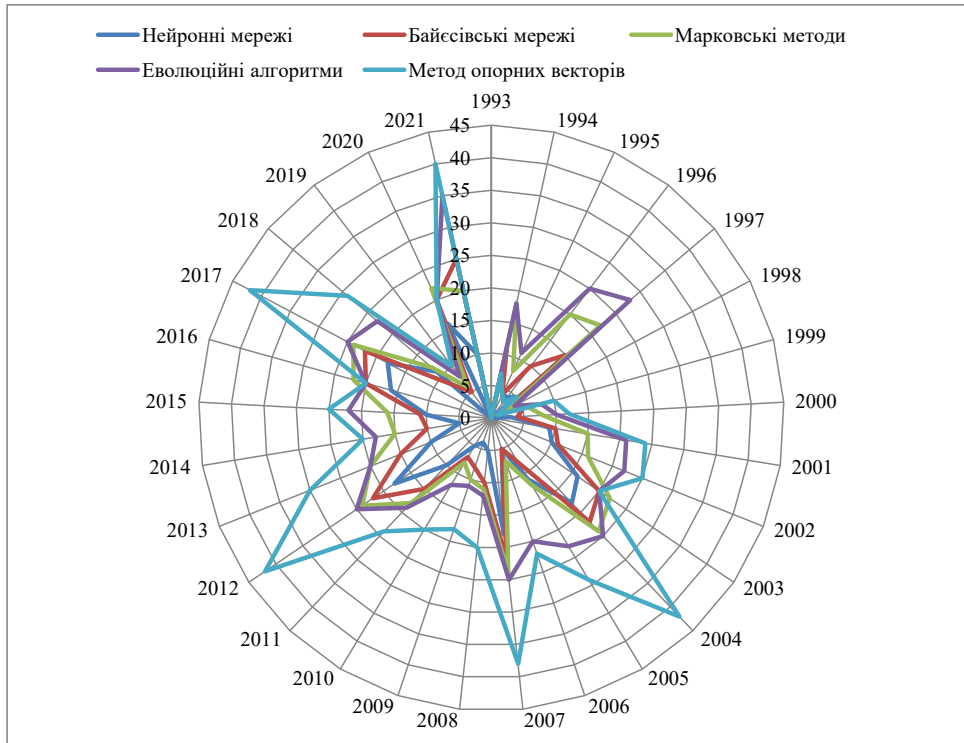


Рис. 2. Динаміка реалізації напрацювань у сфері штучних нейронних мереж

За сферами застосування розробок у галузі штучних нейронних мереж, машинного навчання та обчислювального інтелекту варто наголосити на широкому спектрі застосувань. У медичній сфері розро-

блено дієвий алгоритм машинного навчання, метою якого є оцінка ступеня ризику серцево-судинних захворювань пацієнтів.

Фінансова сфера також має досягнення з впровадження штучного інтелекту. Так, машинне навчання дозволяє виявити потенційні випадки шахрайства у різних сферах життя. Електронна комерція запроваджує основні механізми машинного навчання як методологію передбачення впливу акцій на обсяг продажу товарів; як природну мову для створення чат-ботів, які б допомогли клієнтам отримати необхідну інформацію про продукти компанії.

Таблиця 1

Сучасні досягнення в галузі штучних нейронних мереж, машинного навчання та обчислювального інтелекту за 2020–2021 роки

№	Назва	Розробник	Країна	Галузь	Сфера застосування
1	MegEngine	Megvii Technology	Китай	Машинне навчання	Комп'ютерний зір
2	Keras 2.4.0	Франсуа Шолле	США	Нейронні мережі	Глибинно-нейромережні моделі
3	MindSpore	Huawei Technologies	Китай	Глибоке навчання	Обробка природної мови
4	IBM Deep Learning CogMol	CogMol від IBM	США	Обчислювальний інтелект	Медицина
5	NeoML	ABBYY	Німеччина	Машинне навчання	Комп'ютерний зір, попередня обробка зображень, класифікація
6	FINDER	UCLA+ HMS	США, Лос-Анджелес	Глибоке навчання	Пошук ключових гравців у мережах через глибоке навчання із підкріпленням
7	Dive into Deep Learning	Amazon	США, Вашингтон	Глибоке навчання	Навчання
8	Novator	TU Wien + IST Austria та MIT	Вена + США	Штучний обчислювальний інтелект	Транспорт
9	MIScnn	Гвідован Россум	Харлем, Нідерланди	Штучний обчислювальний інтелект	Медицина
10	TensorFlow 2.3	Команда Google Brain	Маунтін-В'ю, Каліфорнія, США	Машинне навчання	Навчання та вивід глибоких нейронних мереж
11	PyTorch 1.7.0	Адам Пашке Сем Гросс Чисумуе Чинтала Грегори Чанан	Каліфорнія, США	Глибоке навчання	Розподілене навчання на основі паралельних розподілених даних

Таким чином, здійснивши широкий огляд сучасних досягнень у галузі штучних нейронних мереж, машинного навчання та обчислювального інтелекту, варто наголосити на їх всебічності та всеосяжності, на широкому спектрі сфер застосувань та глибокій зацікавленості зі сторони науковців, як практиків, так і теоретиків.

Висновки з цього дослідження і перспективи подальших розвідок у такому напрямі. У роботі здійснено аналіз сучасних досягнень у галузі штучних нейронних мереж, машинного навчання та обчислювального інтелекту, в основі чого лежить перцептрон як кібернетична модель сприйняття інформації мозком. Структура формується на базі датчиків, тобто рецепторів, які приймають сигнали із зовнішнього середовища, елементи асоціативних правил активуються, одержуючи сигнали від певного набору рецепторів, а елемент, який відповідає за отриману інформацію, формує відповідь на основі сигналів від елементів асоціативних правил.

Перспективами подальшої роботи є дослідження питання прогнозування з використанням класичних і нейромережових методів машинного навчання.

Список використаних джерел:

1. Хома Ю. В., Бенч А. Я. Порівняльний аналіз спеціалізованих програмних та апаратних засобів для алгоритмів глибокого навчання. *Комп'ютерні системи і мережі*. 2019. Т. 1. № 1. С. 97–102.
2. Денежніков С. С. Трансгуманістичні перспективи розвитку штучного інтелекту. *Філософія науки: традиції та інновації*. 2018. № 1 (17). С. 118–127.
3. Методи машинного навчання у задачах системного аналізу і прийняття рішень / М. Угрюмов та ін. *Методи машинного навчання у багатокритеріальних задачах надійного оптимального проектування та інтелектуальної діагностики систем (ROD & IDS) в умовах невизначеності*. Харків : Харківський національний університет імені В. М. Каразіна, 2019. 195 с.
4. Сеніва К. Р. Способи використання нейронних мереж та машинного навчання в комп'ютерних іграх. *Вісник Хмельницького національного університету*. Хмельницький, 2021. № 2 (295). С. 97–99. DOI: 10.31891/2307-5732-2021-295-2-97-100
5. Artificial intelligence. Machine learning / О. В. Григоров та ін. *Vehicle and Electronics. Innovative Technologies*. 2019, Vol. 15, p. 17. URL: <http://veit.khadi.kharkov.ua/article/view/169289> (дата звернення: 17.04.2022).
6. Amer M. E. M. Modularity in artificial neural networks : Doctoral dissertation, University of Nottingham. 2021. URL: https://www.researchgate.net/publication/353702457_Modularity_in_artificial_neural_networks (дата звернення: 17.04.2022).
7. Padma K. R., Don K. R. Artificial Neural Network Applications in Analysis of Forensic Science. *Cyber Security and Digital Forensics*. 2022. P. 59–72. DOI: 10.1002/9781119795667.ch3
8. Quantum computing models for artificial neural networks / S. Mangini et al. *EPL (Europhysics Letters)*. 2021. Vol. 134, No. 1. P. 10002. URL: <https://doi.org/10.1209/0295-5075/134/10002> (дата звернення: 17.04.2022).
9. Olvera J. D. D. R., Gómez-Vargas I., & Vázquez J. A. Observational cosmology with Artificial Neural Networks. 2021. *arXiv preprint arXiv:2112.12645*. URL: https://www.researchgate.net/publication/357301768_Observational_cosmology_with_Artificial_Neural_Networks (дата звернення: 17.04.2022).

References:

1. Khoma, Yu. V., Bench, A. Ya. (2019). Porivniialnyi analiz spetsializovanykh prohramnykh ta aparatnykh zasobiv dlia alhorytmiv hlybokoho navchannia [Comparative analysis of the specialized software and hardware for deep learning algorithms]. *Kompiuterni systemy i merezhi – Computer systems and networks*, 1, 1, 97–102. [in Ukrainian]
2. Dieniezhnikov, S. S. (2018). Transhumanistychni perspektyvy rozvytku shtuchnoho intelektu [Transhumanist perspectives on the development of artificial intelligence]. *Filosofia nauky: tradytsii ta innovatsii – Philosophy of science: traditions and innovations*, 1 (17), 118–127. [in Ukrainian]
3. Ugrumov, M., Chernysh, S., Strilets, V., Menailov, Ye. Metody mashynnoho navchannia u zadachakh systemnoho analizu i pryiniattia rishen [Methods of machine learning in the problems of system analysis and decision making]. *Metody mashynnoho navchannia u bahatokryterialnykh zadachakh nadiinoho optymalnoho proektuvannia ta intelektualnoi diahnostryky system (ROD & IDS) v umovakh nevyznachenosti – Methods of machine learning in multicriteria problems of reliable optimal design and intelligent diagnostics of systems (ROD & IDS) in conditions of uncertainty*. Kharkiv : Kharkiv National University named after V. M. Karazin. [in Ukrainian]
4. Seniva, K. R. (2021). Sposoby vykorystannia neironnykh merezh ta mashynnoho navchannia v kompiuternykh ihrakh [Ways to use neural networks and machine learning in computer games]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu – Bulletin of Khmelnytsky National University*, 2 (295), 97–99. [in Ukrainian]
5. Hryhorov, O. V., Anishchenko, H. O., Stryzhak, V. V., Petrenko, N. O., Turchyn, O. V., Okun, A. O., & Ponomarov, O. E. (2019). Artificial intelligence. Machine learning. *Vehicle and Electronics. Innovative Technologies*, (15), 17. Retrieved from: <http://veit.khadi.kharkov.ua/article/view/169289>
6. Amer, M. E. M. (2021). *Modularity in artificial neural networks* (Doctoral dissertation, University of Nottingham). Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/353702457_Modularity_in_artificial_neural_networks
7. Padma, K. R., & Don, K. R. (2022). Artificial Neural Network Applications in Analysis of Forensic Science. *Cyber Security and Digital Forensics*, 59–72. DOI: 10.1002/9781119795667.ch3
8. Mangini, S., Tacchino, F., Gerace, D., Bajoni, D., & Macchiavello, C. (2021). Quantum computing models for artificial neural networks. *EPL (Europhysics Letters)*, 134 (1), 10002. Retrieved from: <https://doi.org/10.1209/0295-5075/134/10002>
9. Olvera, J. D. D. R., Gómez-Vargas, I., & Vázquez, J. A. (2021). Observational cosmology with Artificial Neural Networks. *arXiv preprint arXiv:2112.12645*. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/357301768_Observational_cosmology_with_Artificial_Neural_Networks