

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

МІЖНАРОДНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МІЖНАРОДНА КОНФЕРЕНЦІЯ

*ПЕРЕДОВІ ТЕХНОЛОГІЇ
В ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІЙ
ІНЖЕНЕРІЇ
(ПТІКІ'2026)*

Одеса, Україна, 16 липня 2026 р.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МІЖНАРОДНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ПЕРЕДОВІ ТЕХНОЛОГІЇ
В ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІЙ
ІНЖЕНЕРІЇ
(ПТІКІ'2026)**

**Матеріали
IV Міжнародної конференції**

16 липня 2026 р.

Одеса - 2026

УДК 004.9
П 27

*Проведення заходу зареєстровано в Державній науковій установі
«Український інститут науково-технічної експертизи та інформації»
(Реєстраційний номер: 3326U000765 від 01-07-2026 р.).*

Рецензенти:

Надія КАЗАКОВА – д.т.н., професор, завідувач кафедри інформаційних технологій Одеського національного університету ім. І.І. Мечнікова
Віктор СТРЕЛЬБИЦЬКИЙ – к.т.н., доцент, доцент кафедри підйомно-транспортні машини та інжиніринг портового технологічного обладнання Одеського національного морського університету

Передові технології в інформаційно-комунікаційній інженерії (ATICE'2026) : матеріали IV міжнар. конф. (м. Одеса, Україна, 16 липня 2026 р.) / від. за вип.: Н. Пунченко, Д. Розенвассер. Одеса : Міжнар. ун-т, 2026. 149 с. DOI: <https://doi.org/10.32837/11300.33747>

Advanced Technology in Information and Communication Engineering (ATICE'2026) : proceedings of the IV International conference (Odesa, Ukraine 16 July 2026) / Responsible for the issue: N. Punchenko, D. Rozenvasser. Odesa : International University, 2026. 149 p. DOI: <https://doi.org/10.32837/11300.33747>

У збірнику подано результати наукових досліджень, висвітлено обговорення актуальних проблем, викликів і тенденцій з інформаційних систем, технологій захисту інформації, використання сучасних інформаційних технологій в управлінні системами у різних галузях народного господарства. Матеріали охоплюють інноваційні підходи, досвід упровадження сучасних рішень і приклади успішних практик трансформації різних галузях народного господарства .

Видання призначене для науково-педагогічних працівників, здобувачів освіти, науковців і фахівців ІТ галузі.

Матеріали публікуються в авторській редакції. Відповідальність за зміст поданих матеріалів несуть автори.

Відповідальні за випуск:

*к.т.н., доцент Пунченко Наталія,
к.т.н., доцент Розенвассер Денис.*

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова

КІВАЛОВ С.В. – д.ю.н., проф., Міжнародний університет, м.Одеса, Україна.

Співголови

ГРОМОВЕНКО К.В. – д.ю.н., проф., Міжнародний університет, м. Одеса, Україна.

ЛЕФТЕРОВ В.О. – д.п.н., проф., Міжнародний університет, Одеса, Україна

СТРЕЛКОВСЬКА І.В. – д.т.н., проф., Міжнародний університет, Одеса, Україна.

УРИВСЬКИЙ Л.О. – д.т.н., проф., НТУ України "КПІ імені Ігоря Сікорського", Київ, Україна.

Члени організаційного комітету

СОЛОВСЬКА І.М. – к.т.н., доц., Міжнародний університет, Одеса, Україна.

ЙОНА Л.Г. – к.т.н., доц., Міжнародний університет, Одеса, Україна.

ГРИГОР'ЄВА Т.І. – к.т.н., доц., Міжнародний університет, Одеса, Україна.

РУСУ О.П. – к.т.н., доц., Міжнародний університет, Одеса, Україна.

РОЗЕНВАССЕР Д.М. – к.т.н., доц., Міжнародний університет, Одеса, Україна.

ВАКАРЧУК А.О. – к.т.н., доц., Міжнародний університет, Одеса, Україна.

ПУНЧЕНКО Н.О. – к.т.н., доц., Міжнародний університет, Одеса, Україна.

ГРІБОВА В.В. – к.ф.-м.н., доц., Міжнародний університет, Одеса, Україна.

РЕДАКЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

СОЛОВСЬКА І.М. – к.т.н., доц., Міжнародний університет, Одеса, Україна.

РОЗЕНВАССЕР Д.М. – к.т.н., доц., Міжнародний університет, Одеса, Україна.

ПУНЧЕНКО Н.О. – к.т.н., доц., Міжнародний університет, Одеса, Україна.

КОМІТЕТ МІЖНАРОДНИХ ЗВ'ЯЗКІВ

СТРЕЛКОВСЬКА І.В. – д.т.н., проф., Міжнародний університет, м.Одеса, Україна.

ГЛОБА Л. С. – д.т.н., проф., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м.Київ, Україна.

ВЧЕНИЙ СЕКРЕТАР

ПУНЧЕНКО Н.О. – к.т.н., доц., Міжнародний університет, Одеса, Україна.

ТЕХНІЧНО-ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

СТРЕЛКОВСЬКА І.В. – д.т.н., проф., Міжнародний університет, м.Одеса, Україна.

УРИВСЬКИЙ Л.О. – д.т.н., проф., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м.Київ, Україна.

ГЛОБА Л.С. – д.т.н., проф., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м.Київ, Україна.

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ 1. ІНЖЕНЕРІЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ 10

- Стрелковська І. В., Золотухін Р. В., Стрелковська Ю. О.* Оцінка показників якості обслуговування рівнів узагальненої архітектури АСУ в низькошвидкісних радіомережах зв'язку.....10
- Горбаньова А. І.* Вплив англomовних промптів на якість генерації програмного коду засобами штучного інтелекту.....14
- Чебанюк О. Д., Динін Б. І.* Поінтелектуальні методи моніторингу та ідентифікації стійких кластерів інституційної ліквідності в потоках даних мікроструктури ринку.17

СЕКЦІЯ 2. КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ 22

- Стрелковська І. В., Соловська І. М., Стрелковська Ю. О.* Класифікація вебтрафіку HTTP/HTTPS-запитів на основі ML-методів.....22
- Пономарчук В. Ю., Сергєєва К. Л., Булана Т. М., Молодець Б. В.* Модульна архітектура інформаційної технології для розмежування судин кровоносного та лімфатичного русла за даними медичної візуалізації.....27
- Іващев Д. В., Герасимов В. В.* Нелінійно-динамічні та фрактальні властивості шуму в сигналах рівня палива маневрових локомотивів.....32
- Сукач У. А., Паскалов М. Д., Русу О. П.* Система моніторингу полів « Wheatmon».....36
- Соловська І. М., Жданова А. О.* Створення SPA-вебсайту управління списком завдань із використанням React та патерна MVC.....39

СЕКЦІЯ 3. КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ.....45

- Проценко М. М.* Порівняльне дослідження стратегій RAG-контексту для підвищення повноти автоматизованого code review45
- Volodymyr Yarovenko* Underwater Robotics and the Development of Engineering Solutions for Real-World Problems through the MATE ROV Competition.....50
- Новочинський Є. Г.* Оптимізація обчислення штучних нейронних мереж у межах гетерогенних комп'ютерних архітектур55
- Григор'єва Т. І., Салагор В. І.* Комплексний підхід до верифікації критичних комп'ютерних систем на основі машинного навчання, нечіткої логіки та теорії ігор....60
- Бобуйок М. В., Павленко М. К., Кузнєцова В. Є.* Система автоматизованого перевезення вантажів «HEX Robot».....64
- Немшилов Ю. О.* Майстер – клас за темою «Техно інтелект».....66

СЕКЦІЯ 4. КІБЕРБЕЗПЕКА ТА ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ 70

- Григор'єва Т. І., Мельник В. В.* Математичне моделювання безпечної маршрутизації даних на основі нечіткого алгоритму Дейкстри.....70
- Розенвассер Д. М., Шве́ду М. І.* OSINT у кібербезпеці.....74
- Петков Є. І.* Дослідження сучасного стану та перспектив розвитку протоколу SSH....78
- Пахолук О. І.* Системний метод оцінювання стійкості автентифікаційних механізмів у інформаційних системах 82

СЕКЦІЯ 5. ЕЛЕКТРОННІ КОМУНІКАЦІЇ ТА РАДІОТЕХНІКА..... 86

- Стрелковська І. В., Соловська І. М., Брославський Р. Ю.* Аналіз параметрів якості обслуговування у мережах 5G/NR86
- Уривський Л. О., Осипчук С. О.* Використання методів машинного навчання як інструменту семантичної комунікації в каналах зв'язку.....92
- Пунченко Н. О.* Квантові інерціональні навігаційні системи для відновлення морської логістики України: GNSS-independent рішення96
- Цімура Ю. В., Колодійчук Л. В.* Аналіз перспектив застосування загоризонтних

станцій широкосмугового доступу в умовах ведення бойових дій.....	99
---	----

СЕКЦІЯ 6. ІНФОРМАТИКА ТА ПРОГРАМУВАННЯ В ОСВІТІ 103

<i>Єрмакова С. С.</i> Цифрова дидактика у професійній діяльності викладача закладу вищого освіти: проєктування освітнього процесу, крос-культурна мотивація та дистанційна підготовка фахівців в епоху штучного інтелекту.....	103
<i>Биков А. В.</i> Модернізація освіти через призму цифрових технологій.....	107
<i>Кічка М. П.</i> SMART-технології у професійній підготовці економістів: інноваційні виміри та дидактичний потенціал.....	111
<i>Шаповалов О. Ю.</i> Дигіталізація освіти через призму крос-культурного підходу: від мотивації до компетентності.....	115

СЕКЦІЯ 7. ПСИХОЛОГІЯ ЦИФРОВОГО ПРОСТОРУ.

КІБЕРПСИХОЛОГІЯ..... 119

<i>Гайдуков І. В.</i> Цифрові сліди деструктивної поведінки: психологічні предиктори та інтелектуальна детекція корпоративного шахрайства.....	119
<i>Іванова О. С.</i> Онтологічний статус штучного інтелекту в координатах цифрового буття.....	122
<i>Воронкова В. Г., Нікітенко В. О., Шило Г. М.</i> Синергія штучного інтелекту, цифрового гуманізму та гуманітарної безпеки як нова концепція майбутнього розвитку цифрової цивілізації.....	125

СЕКЦІЯ 8. ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ БІЗНЕС.....132

<i>Горбаньова В. О.</i> Цифрова трансформація бізнесу на основі блокчейн-технологій: конвергенція менеджменту, маркетингу та економічної ефективності	132
<i>Жигулін О. А., Проценко М. М.</i> Інформаційна система SymbolAI з ШІ-асистентом керівника бізнесу.....	134
<i>Грібова В. В.</i> Статистична оптимізація системи показників інноваційного розвитку підприємств	138
<i>Харенко Д. О., Каламан О. Б.</i> ШІ- асистенти у цифровій трансформації ресторанного бізнесу: стандартизація управлінських рішень та підвищення операційної ефективності.....	144

12. Pressure-to-Depth and Depth-to-Pressure Calculator. Blue Robotics. 2026. Available at: <https://bluerobotics.com/learn/pressure-depth-calculator/>.
13. Introduction to PID. FIRST Robotics Competition & WPI Lib. 2025. Available at: <https://docs.wpilib.org/en/stable/docs/software/advanced-controls/introduction/introduction-to-pid.html#>.

УДК 004.85:004.2

DOI: <https://doi.org/10.32837/11300.33758>

ОПТИМІЗАЦІЯ ОБЧИСЛЕННЯ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ У МЕЖАХ ГЕТЕРОГЕННИХ КОМП'ЮТЕРНИХ АРХІТЕКТУР

Новочинський Євген Григорович
аспірант кафедри комп'ютерної інженерії та інноваційних технологій
Міжнародний університет
novochynskyiievgen@gmail.com

Анотація: Досліджено методи підвищення продуктивності штучних нейронних мереж у межах сучасних гетерогенних комп'ютерних архітектур. Визначено, що ключовою проблемою розгортання масштабних моделей є дефіцит потужностей однорідних систем. Авторами проаналізовано підходи до оптимізації алгоритмів навчання та зниження обчислювальної складності через використання цілочисельної арифметики, що дозволяє зменшити навантаження на пам'ять пристроїв без втрати точності. Особливу увагу приділено подоланню затримок міжпроцесорного обміну шляхом графової оптимізації та конвеєризації даних із залученням інструментів відкритого коду. Сформовано практичні рекомендації щодо раціонального розподілу обчислювальних потоків між різнотипними процесорними ядрами для забезпечення максимальної енергоефективності обчислень.

Стрімкий розвиток технологій штучного інтелекту та глибокого навчання (*Deep Learning*) зумовив значне ускладнення архітектур штучних нейронних мереж (ШНМ). Сучасні моделі, такі як великі мовні моделі (*LLM*) або мультимодальні трансформери, містять мільярди параметрів, що вимагає колосальних обчислювальних ресурсів для їхнього навчання та розгортання (*inference*). Традиційні однорідні обчислювальні системи на базі центральних процесорів (*CPU*) уже не здатні забезпечити необхідну продуктивність та енергоефективність.

Ефективним розв'язанням цієї проблеми є використання гетерогенних комп'ютерних архітектур, які об'єднують різні типи обчислювальних пристроїв: *CPU*, графічні процесори (*GPU*), тензорні процесори (*TPU*), програмовані логічні матриці (*FPGA*) та спеціалізовані нейропроцесори (*NPU*). Проте гетерогенність цих систем створює серйозні

виклики для розробників, пов'язані з розподілом завдань, синхронізацією потоків даних та мінімізацією затримок. Тому оптимізація обчислювальних процесів ШНМ у гетерогенних середовищах є надзвичайно актуальною науково-практичною задачею.

Сучасна парадигма обчислювальної лінгвістики та систем штучного інтелекту демонструє стрімке зміщення акцентів у бік інтеграції великих генеративних моделей, які потребують кардинально нових підходів до організації інфраструктури виконання. Постійне масштабування архітектур глибинного навчання зумовлює експоненціальне зростання обсягів матричних обчислень, що висуває жорсткі вимоги як до швидкодії, так і до енергоефективності задіяних систем. За таких умов традиційні підходи до проектування комп'ютерних систем вичерпують свій потенціал, змушуючи дослідників шукати гнучкі інструменти на перетині прикладної математики, системного програмування та мікроелектроніки.

У цьому контексті особливого значення набуває глибокий аналіз специфіки взаємодії програмного забезпечення з апаратними комплексами, де класична монолітна логіка обробки даних поступається місцем динамічним розподіленням середовищам. Ефективність сучасних прикладних рішень безпосередньо залежить від здатності алгоритмів адаптуватися до фізичних обмежень заліза, зокрема до пропускної здатності шин передачі даних та архітектурних особливостей паралельних потоків. Відтак, вивчення закономірностей функціонування штучних нейронних мереж у межах неоднорідних систем стає базовим елементом для створення конкурентоспроможних цифрових технологій.

Питанням оптимізації обчислень для нейромереж приділяють увагу багато вітчизняних та закордонних дослідників. Питанням підвищення продуктивності нейромережевих обчислень присвячено чимало фундаментальних та прикладних праць [1; 3; 5; 6]. Зокрема, досліджуються методи квантування (*quantization*) та прунінгу (*pruning*), які дозволяють зменшити обчислювальне навантаження на апаратне забезпечення без суттєвої втрати точності моделей. Разом з тим, алгоритми динамічного балансування навантаження між різнотипними ядрами в режимі реального часу потребують подальшого вдосконалення.

Мета дослідження полягає в аналізі існуючих методів оптимізації обчислювальних процесів ШНМ та розробці рекомендацій щодо підвищення ефективності їхнього функціонування в умовах сучасних гетерогенних комп'ютерних систем.

Оптимізація роботи ШНМ у гетерогенних архітектурах будується на двох рівнях: алгоритмічному (оптимізація самої моделі) та системно-апаратному (ефективне керування ресурсами) [2].

На *алгоритмічному рівні* критично важливими є методи зменшення розрядності даних. Перехід від обчислень із плаваючою комою подвійної або одинарної точності (*FP64*, *FP32*) до напівточності (*FP16*, *BF16*) або

цілочисельних форматів (*INT8*, *INT4*) дозволяє краще утилізувати тензорні ядра сучасних *GPU* та *TPU*. Це не лише знижує вимоги до пропускну здатності пам'яті, а й зменшує енергоспоживання, що є критичним для мобільних та вбудованих (*Edge AI*) систем.

Розглядаючи алгоритмічний рівень, одним із найбільш дієвих кроків є оптимізація безпосередньо процедури навчання штучних нейронних мереж. Модифікація алгоритмів дозволяє знизити кількість необхідних епох та оптимізувати кроки градієнтного спуску, що мінімізує загальний час утилізації процесорного часу.

На системно-апаратному рівні ключовим завданням є подолання «вузького місця» (*bottleneck*) міжпроцесорного обміну. Оскільки *GPU* чи *FPGA* обробляють дані значно швидше, ніж *CPU* здатний постачати їх через шину *PCI-Express*, виникає простій обчислювальних блоків. Для оптимізації цього процесу застосовують такі підходи:

1. Асинхронний конвеєрний конвеєринг (*Pipelining*): суміщення в часі процесів завантаження наступного батчу даних у пам'ять акселератора з обчисленням поточного батчу.

2. Графова оптимізація обчислень: об'єднання (*fusion*) дрібних математичних операцій нейромережі (наприклад, згортка + активація *ReLU*) в один обчислювальний кернел для зменшення кількості звернень до глобальної пам'яті акселератора.

3. Гетерогенний паралелізм моделей: розподіл шарів нейромережі між різними пристроями залежно від їхньої архітектурної специфіки. Наприклад, початкова обробка сигналів чи тексту може виконуватися на *CPU*, матричні множення – на *GPU*, а специфічні логічні операції – на *FPGA*.

Завдяки інтеграції сучасних фреймворків (таких як *TensorRT*, *OpenVINO*, *ONNX Runtime*) вдається автоматизувати процес адаптації обчислювального графа ШНМ під конкретну специфіку гетерогенного середовища, що забезпечує приріст продуктивності в 2–4 рази порівняно зі стандартними базовими реалізаціями.

Важливим вектором оптимізації на етапі виконання (*inference*) є перехід від обчислень із високою точністю (наприклад, із плаваючою комою) до спрощених форматів даних. Як свідчать останні дослідження, оптимізація обчислення нейромереж за допомогою використання цілочисельної арифметики дозволяє радикально знизити навантаження на підсистему пам'яті та підвищити пропускну здатність процесорів без критичної втрати точності підсумкових результатів. Це особливо актуально для тензорних ядер сучасних *GPU* та спеціалізованих *NPU*-акселераторів.

На рівні системної інженерії вирішальне значення має координація обчислювальних графів. Сучасні програмні комплекси на практиці

реалізують принципи асинхронного конвеєрного оброблення даних, коли завантаження нових пакетів інформації у пам'ять *GPU* відбувається паралельно з обчисленням поточних матриць. Завдяки відкритому вихідному коду багатьох сучасних бібліотек та активній підтримці ком'юніті, розробники отримують гнучкі інструменти для низькорівневого керування потоками виконання та оптимізації структур нейронних мереж під конкретні критерії заліза [6]. Подібна інтеграція програмних рішень дозволяє усунути ефект «вузького місця» під час передачі даних між *CPU* та графічними прискорювачами, забезпечуючи реальний приріст швидкодії обчислень.

Аналізуючи апаратну специфіку сучасних обчислювальних прискорювачів, стає очевидним, що найбільші затримки виникають не під час виконання безпосередньо арифметичних операцій, а в моменти очікування надходження даних із глобальної пам'яті до локальних регістрів. Для мінімізації цього негативного ефекту доцільно застосовувати концепцію оптимізації щільності обчислень, яка базується на максимізації кількості виконаних операцій відносно кожного зчитаного або записаного байта інформації. Збільшення цього показника досягається завдяки згаданому вище об'єднанню обчислювальних кернелів на рівні графа [5]. Замість послідовного звернення до повільної глобальної пам'яті після кожного окремого прошарку нейромережі, проміжні результати акумулюються безпосередньо у швидкій кеш-пам'яті прискорювача, що кардинально змінює баланс завантаження компонентів гетерогенної системи та усуває вимушені простоя ядер.

Іншим критичним аспектом, який безпосередньо впливає на швидкість навчання та виконання нейромережових моделей у гетерогенному середовищі, є динамічне масштабування градієнтів та вагових коефіцієнтів під час процедури квантування. При переході від повноточних матриць до спрощених цілочисельних форматів завжди виникає ризик нелінійного спотворення сигналів через обмеженість нового дискретного діапазону. Щоб уникнути втрати точності, відображення дійсного значення вагового коефіцієнта в його квантований аналог здійснюється за допомогою адаптивної лінійної функції, де масштабний множник розраховується індивідуально для кожного шару на основі аналізу пікових значень активації, а додатковий параметр зміщення забезпечує точне збереження нульової точки. Такий підхід дозволяє повністю утримати репрезентативність ознак і уникнути накопичення похибок, що зазвичай супроводжують грубе математичне округлення чисел.

У підсумку, інтегрована оптимізація гетерогенної системи вимагає постійного моніторингу сумарного часу виконання кожної ітерації обчислювального процесу. Загальний час обробки інформаційного пакета в гетерогенному середовищі є інтегральним показником, який складається

із тривалості чистих обчислень на центральному та графічному процесорах, а також накладних витрат на транзит даних через міжкомпонентні інтерфейси, зменшених на величину часового інтервалу паралельного виконання. Практична цінність такого підходу полягає в максимальному суміщенні комунікаційних процесів та обчислень у часі за рахунок гнучкого асинхронного планування завдань. Завдяки цьому апаратні ресурси гетерогенної архітектури перестають бути ізольованими сегментами, а починають функціонувати в режимі єдиного збалансованого обчислювального конвеєра.

Оптимізація обчислювальних процесів штучних нейронних мереж у гетерогенних комп'ютерних архітектурах є комплексним завданням, успішне розв'язання якого вимагає синергії між алгоритмічними модифікаціями моделей та інтелектуальним керуванням апаратними ресурсами. Застосування методів квантування параметрів, мінімізації накладних витрат на передачу даних та оптимізації обчислювальних графів дозволяє досягти максимальної продуктивності систем штучного інтелекту.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на розробку адаптивних алгоритмів автоматичного розподілу обчислень у хмарних та туманних (*Fog computing*) гетерогенних мережах. Перспективним напрямом розвитку окресленої проблематики є також інтеграція інтелектуальних агентів безпосередньо у програмні фреймворки керування обчисленнями, що дозволить реалізувати динамічний самонавчальний розподіл завдань у реальному часі. На відміну від статичного профілювання, автоматизований аналіз поточного стану обчислювальних черг дає змогу гнучко адаптувати топологію штучної нейронної мережі під динамічно змінювані характеристики гетерогенного середовища.

Висновки. Впровадження подібних інструментів дозволяє суттєво знизити поріг входження для розробників прикладного програмного забезпечення, оскільки процеси низькорівневої диспетчеризації та оптимізації графів переносяться на рівень інтелектуальної системної платформи. Таким чином, синергія математично обґрунтованих методів стиснення моделей та автоматизованого апаратного планування закладає надійний фундамент для масштабування технологій штучного інтелекту наступного покоління.

Література

1. Джефріс Р. Оптимізація обчислень штучного інтелекту на базі сучасних архітектур GPU та FPGA. *Комп'ютерні системи та мережі*, 2023. № 12. С. 102–110.
2. Заковоротний О. Ю., Хулап А. В. Оптимізація обчислення нейромереж за допомогою використання цілочисельної арифметики. *Системи*

- управління, навігації та зв'язку. 2024. № 2. С. 90-94. doi: 10.26906/SUNZ.2024.2.090
3. Квасніков В. П., Олійник О. В. Особливості застосування гетерогенних обчислювальних структур для задач машинного навчання. *Системи управління, навігації та зв'язку*, 2022. Вип. 3(69). С. 45–49.
 4. Оптимізація процесу навчання штучних нейронних мереж / О. О. Безсонов, О. Г. Руденко, К. Олійник, О. Романюк // Інформаційні системи та технології : матеріали 9-ї Міжнар. наук.-техн. конф., 17–20 листопада 2020 р. – Харків : Друкарня Мадрид, 2020. С. 300–302.
 5. Brain.js: Some cool AI tools. Now the community carries the torch. GitHub repository. URL: <https://github.com/BrainJS/brain.js/blob/master/src/neural-network.ts> (дата звернення: 29.06.2026).
 6. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. MIT Press, 2016

УДК 004.052.4:004.85:519.83

DOI: <https://doi.org/10.32837/11300.33759>

КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ВЕРИФІКАЦІЇ КРИТИЧНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ МАШИННОГО НАВЧАННЯ, НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ТА ТЕОРІЇ ІГОР

Григор'єва Т.І., к.т.н., доцент
Салагор В.І., аспірант
Міжнародний університет, місто Одеса
tig15090808@gmail.com
V0634162060@gmail.com

Анотація. Розглядаються сучасні підходи до верифікації комп'ютерних систем критичного призначення на основі виявлення аномалій та прогнозування збоїв. Запропоновано комплексний підхід, який поєднує прогностичні методи аналізу даних, нечіткі моделі прийняття рішень, технології машинного навчання на базі рекурентних нейронних мереж LSTM та алгоритму Isolation Forest, а також теоретико-ігрові моделі виявлення латентних дефектів. Показано, що інтеграція статистичних, інтелектуальних та теоретико-ігрових методів дозволяє підвищити ефективність верифікації критичного програмного забезпечення, забезпечити раннє виявлення аномалій та зменшити ризик виникнення відмов у процесі функціонування складних комп'ютерних систем.

Особливого значення набувають задачі верифікації програмного забезпечення, виявлення аномалій та прогнозування можливих відмов ще на ранніх етапах їх виникнення. Традиційні методи контролю переважно орієнтовані на аналіз уже наявних відмов [1], тоді як сучасні умови

Інформаційне видання

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ
Четвертої міжнародної конференції
**«Передові технології в інформаційно-
комунікаційній інженерії»**

Fourth International Conference
**“Advanced Technology in Information and
Communication Engineering”
(ATICE'2026)**

16 липня 2026 року

Відповідальні за випуск: *Д. М. Розенвассер, Н. О. Пунченко*
Комп'ютерний набір і верстка *Н. О. Пунченко*
Редактор *Н. О. Пунченко*
Технічні редактори: *І. В. Новітська, Т. М. Стефанчишена*

Підп. до друку 31.08.2026 р. Об'єм електрон. даних 7,18 Мбайт.

Міжнародний університет м. Одеса
Фонтанська дорога 33, Одеса,
