



ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

DOI: 10.15587/2706-5448.2026.356218

РОЗРОБКА ПІДХОДУ ДО ФОРМУВАННЯ ФРЕЙМОВОГО СЛОВНИКА ДЛЯ ПЕРСОНАЛІЗАЦІЇ ОСВІТНЬОГО ЧАТ-БОТУ (стор. 6–14)

Кржич О. О., Васенко В. В., Васенко О. В., Павленко А. В., Ющенко К. С.

Об'єктом дослідження є процес функціонування та використання освітніх чат-ботів на основі штучного інтелекту в освітньому середовищі. Вирішувалася проблема навчання чат-ботів за допомогою словників. В роботі представлений підхід до персоналізації чат-боту через звернення до тематичного словника та коригування запиту за допомогою підказок. Побудована фреймова модель словника, який може бути доданий до чат-боту як PDF-документ. Фрейми репрезентують предметну область у вигляді ієрархічно впорядкованої системи. Підказки користувача та обробка фреймових структур поєднуються з чат-ботом за допомогою тематичних представлень. Це забезпечує гнучке формування запитів, масштабованість словникових ресурсів і можливість подальшого розширення предметної області без порушення цілісності мовної моделі.

Розроблені та обґрунтовані схеми поєднання контекстної проєкції взаємодії запиту та пошуку у словнику. Для реалізації підказок розроблено алгоритм з відбором за принципом «міченої кулі» терміну або виразу. Персоналізація чат-боту відбувається завдяки формуванню серії підказок від користувача.

За підсумками експериментів з персоналізації ChatGPT до освітніх потреб користувача були реалізовані та апробовані фреймові словники. Для послідовної схеми реалізації словника за рівня точності 10^{-6} сумарна трудомісткість становить приблизно 4,67, тоді як при посиленні вимог до точності до рівня 10^{-8} цей показник знижується до 3,287. Ієрархічна схема, яка базується на фреймовій організації словника та використанні TemaView, демонструє порівнянні або нижчі значення трудомісткості (за точності 10^{-6} значення дорівнює 6,69, а за точності 10^{-8} – 4,69).

Практичне застосування полягає у забезпеченні освітнього процесу з використанням персоналізованих освітніх чат-ботів у системах навчання.

Ключові слова: інженерія підказок, персоналізоване навчання, гнучке формування запитів, таблиця тематичних представлень.

DOI: 10.15587/2706-5448.2026.356851

PROOF-OF-INDICATORS: РОЗРОБКА ТА ВАЛІДАЦІЯ АДАПТИВНОГО МЕХАНІЗМУ КОНСЕНСУСУ ДЛЯ БЛОКЧЕЙН-МЕРЕЖ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ (стор. 15–24)

Чепель А. В., Бойко Ю. В.

Об'єктом дослідження є механізм консенсусу в блокчейн-мережах Інтернету речей (IoT). Розширення IoT вимагає децентралізації, роблячи блокчейн перспективним рішенням. Протокол консенсусу Proof of Authority (PoA) найкраще підходить для гетерогенних систем IoT, однак він має обмеження щодо виникнення форків, дублювання даних та процесу вибору підписантів.

Отримані результати включають створення протоколу консенсусу Proof of Indicators (PoI), який динамічно оптимізує продуктивність мережі шляхом зменшення розміру блока та пріоритизації продуктивніших вузлів для задач консенсусу серед пристроїв з різною продуктивністю та мережевими умовами. PoI побудований на реалізації PoA Clique проєкту Go-Ethereum. Проведено порівняльний аналіз продуктивності обох систем в симульованій IoT-мережі.

Тестування показує, що PoI зменшує загальний мережевий трафік на 20,5% та скорочує кількість форків до 80%. PoI демонструє вищу пропускну здатність для транзакцій та менший час поширення блоків порівняно з Clique. Ці покращення потребують незначного збільшення споживання ресурсів: в середньому на 6,5% використання процесору та на 5,4% пам'яті.

Особливістю цієї роботи є використання механізму динамічного вибору вузлів та використання легких блоків на рівні консенсусу блокчейну для вирішення раніше виявлених обмежень.

Система PoI є придатним рішенням для безпечного спеціалізованого застосування блокчейну в IoT, де блокчейн-вузол може бути розміщений на пристроях з обмеженими обчислювальними можливостями, таких як Raspberry Pi, що створює повністю децентралізовану інфраструктуру, незалежну від хмарних сервісів.

Ключові слова: proof-of-authority, децентралізовані мережі, вбудовані системи, вибір вузлів, оптимізація розміру блоку.

DOI: 10.15587/2706-5448.2026.358316

РОЗРОБКА ГІБРИДНОГО МЕТОДУ VGG16-FrostNet ДЛЯ АДАПТИВНОЇ ДЕСПЕКАЛІЗАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ РАДІОЛОКАТОРА ІЗ СИНТЕЗОВАНОЮ АПЕРТУРОЮ (РСА) ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ МЕХАНІЗМУ УВАГИ ТА ДИФЕРЕНЦІЙНОГО ФІЛЬТРА ФРОСТА (стор. 25–33)

Аль-Сенайх Р. Ж., Рубель О. С.

Об'єктом дослідження є процеси придушення мультитипікативного спекл-шуму в зображеннях радіолокатора з синтезованою апертурою (РСА); такий шум істотно погіршує якість і ускладнює автоматизований аналіз. Проблема полягає у відсутності наскрізно-навчальних гібридних методів просторової адаптації, що інтегрують математичну модель локальної статистики (фільтра Фроста) безпосередньо у граф обчислень нейромережі. Дослідження направлене на автоматизацію процесу адаптивної фільтрації знімків РСА шляхом розробки гібридного методу VGG16-FrostNet. Представлені завдання реалізовано шляхом розробки диференційованої математичної моделі фільтра Фроста для інтеграції в нейромережу. А також розробки архітектури на базі переднавченої мережі VGG16 (Visual Geometry Group) (блоки 1–2) та інтеграції модуля Convolutional Block Attention Module (CBAM), який прогнозує просторово-змінну карту коефіцієнта демпфування A_{map} у межах 0,5–10,0 для кожного пікселя. Розроблена гібридна архітектура містить резидуальну гілку для відновлення деталей та оптимізувалася наскрізно за допомогою комплексної функції втрат, що поєднує L1, Edge Loss (Sobel), SSIM і регуляризацию уваги. Модель навчали на синтетичних даних із гамма-розподілим шумом (еквівалентна кількість поглядів 3,0–6,0) у типових умовах РСА. За результатами експериментальної оцінки на репрезентативній тестовій вибірці було отримано середні значення PSNR 34,18 дБ і SSIM 0,97. Приріст відносно зашумленого зображення становив 9,45 дБ, а порівняно з класичним фільтром Фроста, що використовував оптимальний статичний коефіцієнт – 3,36 дБ за PSNR. Показники EPI = 0,8903 і FOM = 0,8340 доводять надійне збереження меж об'єктів. Було встановлено, що розроблений гібридний метод забезпечує просторово адаптивне демпфування з інтерпретованими картами уваги, що дозволяє застосовувати його в автоматизованих конвеєрах оброблення РСА-даних.

Ключові слова: РСА зображення, спекл шум, придушення, фільтр Фроста, VGG16, CBAM, глибоке навчання.

DOI: 10.15587/2706-5448.2026.358187

РОЗРОБКА МОДЕЛІ РОЗПОДІЛУ ЗАДАЧ ВІДАЛЕНОГО МОНІТОРИНГУ ЗДОРОВ'Я В РОЗУМНОМУ МІСТІ З УРАХУВАННЯМ ЗАТРИМКИ, ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ТА КОНФІДЕНЦІЙНОСТІ НА FOG-ВУЗЛАХ (стор. 34–47)

Шевцов І. О., Фесенко Т. Г.

Об'єктом дослідження є процеси динамічного розподілу обчислювальних задач у багаторівневих інфраструктурах розумного міста. Досліджено можливості інтеграції ресурсів edge, fog та хмарних обчислень для розбудови систем віддаленого моніторингу пацієнтів (Remote Patient Monitoring, RPM). Вирішувалась проблема балансу між швидкістю обробки критичних медичних сигналів та обмеженою енергоємністю мобільних гаджетів. Також враховано забезпечення конфіденційності персональних даних за передачі завдань на сторонні fog-вузли (шифрування, механізми віддаленої атестації, використання ізольованих середовищ виконання).

Розроблено комплексну системну модель, що описує процеси виконання RPM-задач (ECG-класифікація, аудіо-аналіз). Сформовано стратегію оффлоадингу, що базується на лінійному зваженому критерії мінімізації енерговитрат і затримки. Запропоновано архітектурний фреймворк, що забезпечує конфіденційність обробки даних на непідконтрольних fog-вузлах, за рахунок використання технологій Trusted Execution Environment (TEE) і розгортання довірених додатків (Trusted Applications). Для валідації рішень проведено серію симуляцій у середовищі YAFS (Yet Another Fog Simulator) з порівнянням сценаріїв Mobile, Hybrid та Fog.

Експериментально встановлено, що перехід до Fog-орієнтованої стратегії дозволяє радикально знизити середню латентність системи (з 0,57 с до показників рівня 0,027–0,030 с). Навантаження на смартфон зменшується більш ніж у 10 разів (з 222–225 mWh до 20,3–20,4 mWh), а автономність носимих сенсорів зростає майже ввінтеро. Доведено, що використання туманних обчислень забезпечує стабільну якість обслуговування (Quality of Service, QoS) на обладнанні з нижчою потужністю (500 MIPS). Інтеграція процедур атестації за стандартами RATS (Remote Attestation procedureS) дозволила верифікувати цілісність обчислювального стеку до моменту передачі конфіденційних даних.

Ключові слова: розумне місто, туманні обчислення, віддалений моніторинг здоров'я, енергоефективність, конфіденційність, розподіл даних.

СИСТЕМИ ТА ПРОЦЕСИ КЕРУВАННЯ

DOI: 10.15587/2706-5448.2026.351953

РОЗРОБКА ГІБРИДНОЇ НЕЧІТКОЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АРТИЛЕРІЙСЬКОГО ВОГНЮ В УМОВАХ ДІЇ НЕВИЗНАЧЕНИХ ЗБУРЕНЬ (стор. 48–57)

Максимов М. В., Козлов О. В., Максимов О. М., Рябошапка Р. М.

Об'єктом дослідження є процеси визначення ефективності вогню артилерійських установок в умовах дії невизначених збурень, до яких відносяться зношення ствола гармати, зниження якості зарядів та снарядів певної партії. У даній роботі вирішувалась проблема забезпечення адекватності оцінювання ефективності артилерійського вогню у випадках, коли параметри ствола гармати, якість порохових зарядів або снарядів відхиляються від номінальних значень та визначаються неточно.

У дослідженні використовувалися методи нечіткої логіки для формалізації процесів прийняття рішень в умовах невизначеності, а також методи математичного моделювання та статистичного аналізу для симуляції послідовностей стрільб і визначення оцінок ефективності.

Розроблено та апробовано гібридну нечітко-логічну систему підтримки прийняття рішень (СППР), яка дозволяє здійснювати комплексне та високоточне оцінювання ефективності вогню артилерійських установок. При формуванні оцінок наведена СППР враховує три ключові параметри, що характеризують найбільш суттєві джерела невизначеності: зношення ствола, зниження якості зарядів, зниження якості снарядів.

Одержано результати обчислювальних експериментів для різних реалістичних сценаріїв артилерійського вогню. У свою чергу, досліджувалися артилерійські установки з початковими значеннями зносу ствола 0,1 та 0,25 при застосуванні зарядів та снарядів різної якості. В ході проведених експериментів встановлено, що запропонована система забезпечує отримання адекватної, практично корисної оцінки ефективності вогню артилерійських установок за реалістичних умов невизначеності. Зокрема, розраховані значення ефективності протягом усього процесу стрільби змінювалися не більше ніж на 12% у перших трьох експериментах та не більше 21% у наступних трьох.

Розроблена СППР може бути застосована у сучасних артилерійських комплексах для підвищення ефективності прийняття керувальних рішень, зменшення частки промахів, економії дефіцитних боєприпасів і зниження ризику ураження техніки та особового складу.

Ключові слова: артилерійська стрільба, оцінка ефективності, знос ствола, система підтримки прийняття рішень, нечітка логіка.

DOI: 10.15587/2706-5448.2026.355420

ВИЗНАЧЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ФОРМУВАННЯ СИГНАЛІВ КЕРУВАННЯ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ТЯГОВОГО РЕЖИМУ НАТУРНОЇ МОДЕЛІ МАГНІТОЛЕВІТАЦІЙНОГО ТРАНСПОРТУ (стор. 58–65)

Чуприна Є. М., Муха А. М., Плаксін С. В., Устименко А. В., Бондар О. І., Маренич О. А., Голота О. О., Антонюк А. П.

Об'єктом дослідження є процес формування сигналів керування для реалізації тягового режиму натурної моделі магнітолевітаційного транспорту. Проблема, яка вирішувалась – це формування сигналів керування для реалізації тягового режиму натурної моделі та способу комутації шляхових котушок.

У дослідній натурній моделі тяговий режим здійснюється сигналами керування, що формуються на основі кутових значень енодера, які відповідають позиції екіпажу. На їх основі комутуються тягові модулі стелу для забезпечення необхідної полярності магнітного поля, яке створює тягове зусилля та забезпечує просування екіпажу повз секцію.

Реалізація режиму тяги потребує точного визначення позиції екіпажу відносно шляхової структури. Для цього використовується сигнал енодера, інформація з якого обробляється в блоці керування секцією шляхової структури. Запропоновано схемне рішення та алгоритм роботи цього блоку для натурної моделі.

Пошук елементної бази для плат керування потребує перевірки працездатності. З декількох варіацій плат обрано ту, котра реалізує запропонований алгоритм з задовільною якістю процесу.

Основним методом дослідження є експеримент, який проведено на стенді натурної моделі. Розроблено та реалізовано комутаційний блок керування тяговою секцією натурального стенду, який містить: плати керування, материнську плату та програмне забезпечення на платформі Arduino. Обрано варіант плати з трьома DC-DC перетворювачами, що забезпечило стабільну роботу тягової секції.

Отримані основні характеристики електродинамічних процесів, а саме: моменти перемикання полярності модулів, зміни напруги, струму та потужності під час проходження екіпажу повз секцію. Діапазон перемикачів тягової секції складає приблизно п'ять секунд.

Отримані результати створюють передумови для розробки експериментальних стендів та макетів магнітолевітаційного транспорту для подальшого дослідження тягових режимів.

Ключові слова: магнітолевітаційний транспорт, тяговий модуль, натурна модель, плати керування, електродинамічні процеси, тяговий режим.

DOI: 10.15587/2706-5448.2026.355663

РОЗРОБКА ПАРАМЕТРО-ЕФЕКТИВНОГО МЕТОДУ СИНТЕЗУ БІОМЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ ШЛЯХОМ ЗАМІНИ ТЕКСТОВОГО КОНДИЦІОНУВАННЯ ЕМБЕДІНГАМИ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЇ МОДЕЛІ ПАТОЛОГІЇ У ЛАТЕНТНІЙ ДИФУЗІЇ (стор. 66–75)

Кузьмін С. О., Березький О. М.

Об'єктом дослідження є процес синтезу патчів гістопатологічних зображень, кондиційованих ембедінгами фундаментальної моделі патології. Однією з ключових проблем є те, що наявні підходи до дифузійного синтезу або спираються на текстове кондиціювання через CLIP-енкодер, яким бракує морфологічного розуміння, або потребують повного донавчання генеративної базової моделі, що вимагає значних обчислювальних ресурсів.

У ході дослідження використовувалася параметроєфективна адаптація попередньо навченої латентної дифузійної моделі з використанням низькорангової адаптації (LoRA) шарів уваги U-Net у поєднанні з навченим MLP-проектором, який відображає ембедінги фундаментальної моделі патології UNi2-h у простір кондиціювання механізму перехресної уваги. Проведено абляційні дослідження 12 конфігурацій із варіюванням рангу адаптера, кількості токенів кондиціювання та архітектури проєктора.

Отримано підтвердження того, що ембедінги фундаментальної моделі патології можуть ефективно замінити текстове кондиціювання для синтезу гістопатологічних зображень у параметроєфективному режимі. Оптимальна конфігурація досягла FID 77,59 на валідаційній вибірці та FID 84,17 на тестовій вибірці при навчанні лише 5,53 млн параметрів, що становить 0,64% параметрів базової моделі. Це зумовлено тим, що запропонований метод має низку характерних особливостей, зокрема: ембедінги фундаментальної моделі забезпечують морфологічно багатший сигнал кондиціювання, ніж текстові CLIP-представлення, а низькорангова адаптація обмежує простір навчуваних параметрів шляхом кондиціювання.

Завдяки цьому забезпечується можливість генерації гістопатологічних зображень без текстових анотацій та без повного донавчання моделі, використовуючи орієнтовно 12 ГБ відеопам'яті. Порівняно з попереднім текстово-кондиційованим підходом на тому самому наборі даних, який демонстрував покласові значення FID у діапазоні від 113 до 138, метод кондиціювання ембедінгами забезпечує істотно вищу якість генерації зі збереженням параметроєфективності.

Ключові слова: латентні дифузійні моделі, фундаментальні моделі патології, синтез гістопатологічних зображень, генерація медичних зображень.

DOI: 10.15587/2706-5448.2026.356296

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВОВИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЙ ЗА ДОПОМОГОЮ ЛОКАЛЬНОЇ СИНХРОНІЗАЦІЇ У СКЛАДНИХ МЕРЕЖАХ ПЛАНІВ ФОРМУВАННЯ ПОЇЗДІВ (стор. 76–83)

Киман А. М., Прохорченко А. В., Кравченко М. А., Музикін М. І.

Об'єктом дослідження є динамічні процеси узгодження взаємодії залізничних станцій у мережі плану формування поїздів (ПФП). Проблема, що вирішувалася, полягає у недостатності традиційних топологічних підходів до визначення впливових станцій на залізничній мережі. Аналіз, що заснований лише на показниках ступеня центральності, не дозволяє виявити приховані джерела динамічної вразливості.

Запропоновано підхід до виявлення критичних станцій та зв'язків, що знижують когерентність мережі ПФП на основі дослідження локальних характеристик синхронізації. Розроблено процедуру аналізу впливовості станцій на основі поєднання центральності з локальним параметром порядку, що обчислений за допомогою моделі Курамото. Застосування розробленої процедури на реальних мережах ПФП різних структурних станів показало зміну характеристик локальної синхронізації. Середнє значення локального параметра порядку в найбільшій сильно зв'язній компоненті зменшилося з 0,6664 до 0,4976. Встановлено, що топологічно значущі сортувальні станції можуть мати низькі значення локального параметра порядку, тобто залишатися локально неузгодженими із власним оточенням. Обґрунтовано, що ключовим чинником зниження локальної синхронізації станцій є фазова неоднорідність їх найближчого оточення, зокрема наявність сусідніх станцій, що належать до інших фазових кластерів.

Практичне використання результатів можливе за умов формалізації ПФП у вигляді мережевої моделі та наявності даних про структуру призначень. Запропонований підхід може бути застосований для підтримки управлінських рішень щодо коригування ПФП, підвищення узгодженості роботи станцій та надання стійкості залізничній системі в умовах структурних змін.

Ключові слова: залізниця, вагонопотік, залізничні станції, план формування поїздів, модель Курамото, локальна синхронізація.

DOI: 10.15587/2706-5448.2026.356834

РОЗРОБКА МЕТОДУ АДАПТАЦІЇ СИСТЕМ РАДІОАКУСТИЧНОГО ЗОНДУВАННЯ АТМОСФЕРИ ДО МЕТЕОРОЛОГІЧНОЇ СИТУАЦІЇ (стор. 84–91)

Карташов В. М., Кондрашов І. Є., Карташов О. В., Бобнев Р. О., Шамрай А. П.

Об'єктом дослідження є процес забезпечення умови Брегга між довжинами акустичної та електромагнітних хвиль при вимірюванні висотних профілів температури атмосфери методом радіоакустичного зондування (РАЗ).

Проблема, що вирішується в роботі, полягає у відсутності узагальненої теоретичної бази для розроблення методів адаптації систем РАЗ з метою підтримки умови Брегга у процесі руху акустичного хвильового пакета (АХП) в атмосфері.

В роботі з використанням теорії стохастичного оптимального управління розроблено метод частотної адаптації систем РАЗ для забезпечення умови Брегга траєктою зондування. Метод включає операції оцінювання швидкості звуку, стохастичної лінійної фільтрації вектора параметрів стану АХП та управ-

ліній частотою радіосигналу на основі отриманих даних. Запропоновано метод оцінювання інформаційних параметрів сигналу, розроблено алгоритм послідовної фільтрації параметрів АХП.

Розроблений метод частотної адаптації дозволить суттєво підвищити якісні показники систем РАЗ – точність вимірювання профілів температури атмосфери та оперативність зондування. Використання методу на практиці дозволить також збільшити дальність дії систем зондування шляхом більш ефективного налаштування на умови Брегга при малих значеннях відношення сигнал-шум, характерних для великих дальностей.

Підвищення основних характеристик систем досягається шляхом більш точного забезпечення умови Брегга в процесі вимірювання значень швидкості звуку, внаслідок чого результати вимірювань не мають систематичних похибок, а випадковий компонент похибок значно зменшується. Тому час осереднення окремих результатів вимірювань для досягнення необхідної інтегральної точності оцінювання профілю температури атмосфери значно зменшується, з десятків до одиниць хвилин.

Запропонований метод може бути реалізований на практиці шляхом удосконалення наявних систем РАЗ атмосфери, що виготовляються промисловістю.

Ключові слова: радіоакустичне зондування атмосфери, умова Брегга, частотна адаптація, стохастичне управління, зондувальний сигнал.

DOI: 10.15587/2706-5448.2026.356886

РОЗРОБКА МОДЕЛІ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ БАГАТОЕТАПНИХ ІНВЕСТИЦІЙНИХ РІШЕНЬ У ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМАХ В УМОВАХ РИЗИКУ (стор. 92–97)

Мулеса О. Ю., Качмар О. Ю., Балага С. І., Тютюнникова Г. С., Шевчук Д. О.

Об'єктом дослідження є процес прийняття інвестиційних рішень у виробничих системах в умовах ризику та невизначеності.

У сучасних умовах функціонування підприємств прийняття управлінських рішень щодо інвестування пов'язане з необхідністю вибору між кількома альтернативними варіантами розвитку виробництва, ефективність яких залежить від можливих станів зовнішнього середовища. Особливістю таких процесів є те, що інвестиційні рішення можуть мати багатоетапний характер, а їх ефективність залежить від умов реалізації.

У роботі вирішувалася проблема розроблення такої моделі підтримки прийняття рішень, яка дозволяла б враховувати послідовний характер реалізації інвестиційних проектів та оцінювати ефективність альтернатив з урахуванням можливих сценаріїв розвитку середовища. Проведений аналіз показав, що традиційні підходи до оцінювання альтернатив переважно базуються на одноетапних моделях прийняття рішень, а це обмежує можливості врахування змін умов реалізації інвестиційного проекту.

Розроблена в дослідженні модель підтримки прийняття інвестиційних рішень поєднує у собі одноетапний та багатоетапний підходи до оцінювання ефективності альтернатив в умовах ризику. Особливістю отриманих результатів є те, що вони дозволяють визначати очікуваний результат застосування багатоетапних альтернатив та виявляти раціональні інвестиційні стратегії. Також було запропоновано підхід до оцінювання резерву ефективності інвестиційних проектів у виробництві.

У ході експериментальної верифікації показано, що розроблена модель дозволяє враховувати поетапність реалізації альтернатив та інформацію, яка з цього випливає. Завдяки цьому вона надає можливість коригування управлінських рішень залежно від фактичного стану середовища на різних етапах реалізації прийнятих рішень.

Розроблена модель може бути використана в процесі обґрунтування інвестиційних рішень у виробничих системах в умовах ризику.

Ключові слова: адаптивне прийняття рішень, резерв ефективності, байєсівський аналіз рішень, очікувана користь.

DOI: 10.15587/2706-5448.2026.357488

РОЗРОБЛЕННЯ ГІБРИДНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ АРТИЛЕРІЙСЬКИМ ВОГНЕМ НА ПІДСТАВІ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ТА МЕТОДІВ КВАНТИФІКАЦІЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ (стор. 98–105)

Рубель Ю. Б., Грицюк Ю. І.

Об'єктом дослідження є процес управління вогнем артилерійських установок у гібридній системі балістичного моделювання. Вирішувана проблема полягає у відсутності комплексних досліджень систем, що поєднують нейромережеве прогнозування з фізичним ітеративним уточненням та стохастичною оцінкою розсіювання снарядів в єдиному операційному конвеєрі. В дослідженні розглянуто особливості розроблення гібридної системи управління артилерійським вогнем на підставі інтеграції нейронних мереж, чисельного уточнення кутів наведення та методів квантифікації невизначеності балістичної моделі. Запропоновано та досліджено модульну архітектуру системи, що інтегрує балістичний симулятор з 4-DOF моделлю згідно зі стандартом NATO STANAG 4355. Систему доповнено нейронною мережею, яка формує початкове наближення кутів наведення. Для подальшого розрахунку кутів наведення реалізовано алгоритм з ітеративним уточненням кута підвищення методом Brenta та градієнтною корекцією азимута. Для оцінювання невизначеності інтегровано методи розкладання поліноміального хаосу (PCE) та Монте-Карло. Сформовано синтетичний балістичний набір даних обсягом 121107 записів на підставі 24 конфігурацій артилерійських систем. Валідація нейронної мережі продемонструвала звуження простору пошуку кутів наведення до коридору $\pm 3-5^\circ$, забезпечуючи подальшу швидку збіжність алгоритму ітеративного уточнення. Тестування для артилерії 2С22 «Богдана» на дальності 20 км показало детерміністичну похибку 0,68 м. Метод PCE досяг похибки 0,47 м, перевершивши метод Монте-Карло (5,28 м) у 11,2 рази. Аналіз методом PCE виявив анізотропне розсіювання снарядів: $\sigma_x = 168,85$ м, $\sigma_z = 80,84$ м, $CEP50 = 147,3$ м. Життєздатність гібридної системи продемонстровано в умовах балістичного моделювання, що створює підґрунтя для подальшої валідації з реальними даними стрільб.

Ключові слова: балістичне моделювання, гібридний балістичний конвеєр, балістичний набір даних, нейронні мережі, квантифікація невизначеності.