



DOI: 10.15587/2706-5448.2024.301209

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕДУРИ LSTM-SARIMA ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ БАЗОВОЇ ІНФЛЯЦІЇ** (стор. 6–12)**Круковець Д. Ю.**

Об'єктом дослідження є прогнозування базової інфляції. У роботі досліджується ефективність нової моделі під час прогнозування базової інфляції. Вона об'єднує понад 300 компонентів у 6 за схожістю їх динаміки за допомогою оновленого алгоритму DTW, налаштованого на місячні часові ряди, та алгоритму K-Means для групування. Надалі модель SARIMA виділяє лінійні та сезонні компоненти, за якими слідує модель LSTM, котра пояснює нелінійності та взаємозалежності. Це вирішує проблему високоякісного прогнозування інфляції на дизагрегованому датасеті. У той час як стандартні та традиційні економетричні методи зосереджені на обмежених наборах даних, які складаються лише з кількох змінних, запропонована методологія здатна охопити більшу частину волатильності, що містить більше інформації. Модель порівнюється з великою кількістю інших моделей, простих, таких як Random Walk і SARIMA, до моделей ML, таких як XGBoost, Random Forest і простий LSTM. Незважаючи на те, що всі моделі Data Science демонструють пристойну продуктивність, процедура DTW+K-Means+SARIMA+LSTM дає найкращий RMSE прогнозів на 1 місяць і на 2 місяці вперед, що підтверджує високу якість запропонованої прогнозовної моделі та є рішенням для ключової проблеми, описаної в цій роботі. Це пояснюється здатністю моделі враховувати як лінійні/сезонні патерни даних за допомогою частини SARIMA, так і нелінійні та взаємозалежні з використанням підходу LSTM. Моделі підігнані для випадку України, оскільки вони оцінені на відповідних даних і можуть активно використовуватися для подальшого прогнозування інфляції.

**Ключові слова:** метод динамічного викривлення часу, кластеризація, K-Means, рекурентна нейронна мережа, машинне навчання, базова інфляція.

DOI: 10.15587/2706-5448.2024.301317

**РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЩОДО НАДАННЯ ПОСЛУГ ПРИ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЄКТІВ** (стор. 13–17)**Мулеса О. Ю., Якоб Є. Й., Валько П. П., Свєжєнцева О. О., Маргітєч Д. О.**

Об'єктом дослідження є процеси прийняття рішень щодо надання послуг в рамках транскордонних проєктів.

Для досягнення цілей дослідження, спочатку було проведено аналіз ринку надання послуг, виявлено його особливості та ідентифіковано проблеми, що виникають у процесах його функціонування. Основна проблема полягає у знаходженні оптимального розподілу послуг між виконавцями в системі управління послугами. Розроблено математичну модель задачі одно- та багатокритеріальної оптимізації, де задачу розкладено на незалежні підзадачі. Задача представлена у вигляді задачі лінійного програмування. Запропоновано різні критерії ефективності знайдених розподілів. В залежності від кількості критеріїв, задача буде однокритеріальною задачею булевого програмування або задачею багатокритеріальної оптимізації. Створено ітераційний метод для знаходження оптимального розподілу послуг, а окремі методи викладено у формі продукційних правил, що зрозуміло та дозволяє отримувати нові знання.

На основі здобутих даних було розроблено технологію прийняття рішень щодо розподілу споживачів послуг між виконавцями. При цьому використано методи прийняття рішень, які дозволяють оптимізувати процеси надання послуг. При проєктуванні інформаційної технології був використаний системний підхід. Це дозволило створити ефективну та релевантну проблематехнологію, яка допомагає у прийнятті обґрунтованих рішень щодо розподілу послуг між учасниками транскордонних проєктів. Розроблено структурно-функціональну схему системи підтримки прийняття рішень. Деталізовано її структурні елементи.

Отримані результати відображають ретельний аналіз сучасного стану ринку послуг та розроблення ефективної технології прийняття рішень, що сприяє оптимізації роботи у сфері транскордонних проєктів. Такий підхід може бути корисним для різних суб'єктів, які займаються виконанням та координацією міжнародних проєктів

**Ключові слова:** прийняття рішень, задача лінійного програмування, відслідкування, надання послуг, транскордонний проєкт, споживачі послуг, виконавці послуг.

DOI: 10.15587/2706-5448.2024.300745

**РОЗРОБКА РІШЕННЯ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЖИТТЕВО ВАЖЛИВИХ ПОКАЗНИКІВ** (стор. 17–24)**Зінько І. А., Кравченко О. В., Сивоглаз Д. В.**

Об'єктом дослідження є процес моніторингу життєво важливих показників організму за допомогою автоматизованої системи на основі рішення інтернету речей (IoT). У роботі проведено дослідження та аналіз найкращих наявних рішень для безперервного моніторингу стану людини. Дослідження є важливим за умов можливої пандемії та загального огляду та контролю здоров'я людини.

Запропоновано IoT модель рішення для моніторингу та аналізу життєво важливих показників у пацієнтів. Проєкт передбачає створення апаратного та програмного забезпечення для відстежування життєво важливих показників. Взаємодія двох частин забезпечить можливість виконання основної задачі – отримати результат та аналіз показників життєво важливих показників організму людини. Апаратне забезпечення реалізоване за допомогою пристроїв для сканування даних про пульс, температуру, сатурацію та можливість відстежування електрокардіограми. Передбачено можливість передачі даних про стан організму. Враховується положення датчиків, які прикріплені до тіла, на випадок того, якщо вони відклеються. Сам пристрій має розташовуватися на тілі людини у зоні передньої стінки грудей, зап'ястьях та кісточках пацієнта. Також пристрій запрограмований реагувати на раптові перепади у значеннях даних. Програмна реалізація створена на основі веб орієнтованого інтерфейсу. Проєктування кінцевих рішень взаємодії локального та проміжного сервера було реалізовано за допомогою Django та Python. Можливість адміністрування проміжного сервера клієнтської частини було написано за допомогою HTML, CSS та JavaScript. Застосування IoT-рішення дозволяє моніторити показники життєво важливих показників організму та їх аналіз. Побудовано схему обміну інформації в системі контролю показників стану здоров'я.

**Ключові слова:** моніторинг життєво важливих показників організму, клієнт-серверна архітектура, інформаційна система, інтернет речей, IoT.

DOI: 10.15587/2706-5448.2024.301309

**РОЗРОБКА ШВИДКОДЮЧОГО АЛГОРИТМУ БІНОМІАЛЬНОГО АРИФМЕТИЧНОГО СКЛАДАННЯ** (стор. 25–31)**Кулик І. А., Шевченко М. С., Мельник А. П., Протасова Т. О.**

Об'єктом дослідження є метод та алгоритм арифметичного складання біноміальних чисел, що генеруються двійковими біноміальними системами числення. Відсутність біноміальної арифметики, зокрема операції додавання двійкових біноміальних чисел, певним чином перешкоджає їх впровадженню в інформаційні системи та побудові на їх основі інформаційно-комунікаційних технологій з комбінаторної оптимізації, генерування комбінаторних об'єктів, стиснення та шифрування даних.

У рамках підходу, який пропонується, замість оперування біноміальними коефіцієнтами проводяться тільки операції з їх верхніми та нижніми параметрами. При цьому вагові коефіцієнти двійкових біноміальних чисел, які додаються один до одного, представляються у вигляді двокомпонентних кортежів. З врахуванням цього в даній роботі представлений алгоритм біноміального арифметичного складання із застосуванням динамічних масивів.

Основна ідея, яка покладена в будову алгоритму біноміального арифметичного складання на основі динамічних масивів, полягає в тому, що здійснюється перехід від двомірної моделі підсумовування до одновірної. При цьому у динамічному масиві розміщуються тільки наявні, існуючі біноміальні коефіцієнти. Відповідно пошук рівних або більших за кількісним еквівалентом біноміальних коефіцієнтів відбувається у значно менших областях. У порівнянні з алгоритмом на основі матричних моделей це досить суттєво знижує обсяг часових витрат при проведенні операції підсумовування, а також зменшує вимоги до обсягу пам'яті, необхідної для розміщення двокомпонентних кортежів масиву складання.

У ході дослідження практично підтверджено зниження у декілька разів кількості машинних тактів, що потребується для проведення операцій пошуку необхідних елементів в динамічному масиві. Це призводить до підвищення швидкодії представленого алгоритму біноміального арифметичного складання на основі динамічних масивів. У свою чергу це обумовлює пришвидшення розв'язання інформаційних завдань з комбінаторної оптимізації, генерування комбінаторних об'єктів, стиснення та шифрування даних, для вирішення яких застосовується операція складання двійкових біноміальних чисел.

**Ключові слова:** двійкові біноміальні числа, арифметичне додавання, алгоритми біноміального арифметичного складання, динамічний масив.

DOI: 10.15587/2706-5448.2024.301706

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ІДЕНТИФІКАЦІЇ АВТОРСТВА ТЕКСТІВ, НАПИСАНИХ ПРИРОДНОЮ МОВОЮ** (стор. 32–37)**Ульяновська Ю. В., Фірсов О. Д., Костенко В. В., Прядка О. І.**

Об'єктом дослідження є процес ідентифікації авторства тексту за допомогою комп'ютерних технологій із застосуванням машинного навчання. Було розглянуто повний процес вирішення задачі від підготовки текстів до оцінки отриманих результатів. Ідентифікація авторства тексту є дуже складною та об'ємною за часом задачею, яка потребує до себе максимальної уваги. Оскільки в процесі ідентифікації завжди потрібно приймати до уваги дуже велику кількість різноманітних факторів та інформації, яка відноситься до кожного конкретного автора. Через це в процесі ідентифікації можуть виникати різні проблеми та помилки, пов'язані з наявністю людського фактору, що у підсумку може призвести до погіршення отриманих результатів.

Предметом роботи є методи та засоби аналізу процесу ідентифікації авторства тексту за допомогою існуючих комп'ютерних технологій. В рамках роботи авторами розроблено веб-додаток для ідентифікації авторства тексту. Програмний додаток було написано з використанням технологій машинного навчання, він має зручний користувацький інтерфейс і просунуту систему відслідковування помилок та може розпізнати як текст, написаний одним автором, так і той, що написали у співавторстві. Проаналізовано ефективність різних типів моделей машинного навчання та засобів представлення даних. Визначено комп'ютерні технології ідентифікації авторства тексту. Основними перевагами використання комп'ютерних технологій для ідентифікації авторства тексту є:

– Швидкість: комп'ютерні алгоритми можуть аналізувати великі обсяги тексту в надзвичайно короткий проміжок часу.

– Об'єктивність: комп'ютерні алгоритми використовують тільки перевірені алгоритми для аналізу особливостей тексту та не піддаються емоційному впливу чи упередженим думкам під час процесу аналізу.

Результатом роботи є веб-додаток для ідентифікації авторства тексту, який розроблено на основі проведених досліджень процесу ідентифікації авторства тексту за допомогою комп'ютерних технологій.

**Ключові слова:** нормалізація, тонізація, лематизація, стоп-слово, машинне навчання, класична модель, глибока модель, LSTM, GRU, веб-додаток.

DOI: 10.15587/2706-5448.2024.302396

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДХОДІВ ПРОЄКТУВАННЯ СКЛАДНИХ СТРУКТУР БАЗ ДАНИХ В СИСТЕМАХ КОМПЛЕКСНОГО МОНІТОРИНГУ ЕКОЛОГІЧНИХ, ЕКОНОМІЧНИХ, ЕНЕРГЕТИЧНИХ ТА СОЦІАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ТЕРИТОРІЇ** (стор. 38–43)**Сліпченко В. Г., Полягушко Л. Г., Круш О. Е., Рудик В. І.**

Об'єктом дослідження є традиційний та універсальний підхід проєктування структури бази даних в системах комплексного моніторингу екологічних, економічних, енергетичних та соціальних параметрів території, що включають різнопланові дані з різних предметних областей. У ході дослідження проведено аналіз за набором таких критеріїв, як масштабованість, простота оновлення даних, відсутність порожніх полів, об'єм бази даних, кількість таблиць та полів, простота та швидкість виконання запитів на вибірку набору показників об'єкту дослідження. Порівняння цих підходів відбувалось на прикладі моніторингу водних ресурсів, оскільки він має декілька підсистем та велику кількість показників, за якими проводиться оцінка. Встановлено, що запропонований універсальний підхід проєктування складних структур баз даних дозволив зменшити об'єм бази даних у 2,25 раз за рахунок відсутності порожніх полів. Зокрема, у розглянутому прикладі коефіцієнт заповнення бази даних при традиційному підході у 1,75 разів менше, ніж при запропонованому універсальному підході. Слід відзначити, що показник заповнення таблиць для традиційного підходу проєктування

може змінюватись залежно від кількості значень показників, в той час як показник заповнення таблиць при універсальному підході завжди близький до 100 %. Також запропонований підхід проєктування баз даних дозволив пришвидшити завантаження та оброблення даних. Наприклад, при однаковому об'ємі значущої інформації мінімальна швидкість вибірки характеристик одного об'єкту дослідження у 3,87 разів більше у базі даних, що розроблена за принципами універсального підходу, ніж за правилами традиційного підходу. Запропонована структура бази даних успішно використовується в системі комплексного еко-енерго-економічного моніторингу. Розроблена структура бази даних може слугувати ефективною основою для формування електронного банку даних на рівні підприємства, регіону та країни.

**Ключові слова:** проєктування бази даних, структура бази даних, комплексний моніторинг, довкілля, здоров'я населення.

## SYSTEMS AND CONTROL PROCESSES

DOI: 10.15587/2706-5448.2024.302394

**РОЗРОБКА МЕТОДУ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ МАРШРУТИЗАЦІЇ НАЗЕМНО-ПОВІТРЯНОЇ AD-НОС МЕРЕЖІ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ** (стор. 44–51)

**Беляков Р. О.**

Об'єктом дослідження є процес формування управляючих рішень із забезпечення роботи підсистеми управління маршрутизацією наземно-повітряної комунікаційної мережі на основі нейромережевих алгоритмів. Проведене дослідження базується на застосуванні чисельно-аналітичного підходу вибору сучасних науково-прикладних рішень побудови моделей управління перспективними Ad-Нос комунікаційними мережами. В середовищі імітаційного моделювання Google Collab за використання мови програмування Python, вдалося: по-перше зімітувати роботу наземно-повітряної комунікаційної мережі на основі раніше отриманих моделей та системи управління процесом маршрутизації на основі алгоритму FA-OSELM. По-друге, відповідно до описаного в роботі сценарію побудови та підтримання маршруту, експериментально визначити комунікаційні метрики запропонованого методу інтелектуальної маршрутизації наземно-повітряної Ad-Нос мережі спеціального призначення, з метою оцінки його ефективності, адекватності та достовірності отриманих результатів. Таким чином, для оцінки ефективності запропонованих рішень було проведено порівняльний аналіз застосування трьох існуючих методів маршрутизації (FLCA, Q-Routing, Neuro Routing), що застосовуються в Ad-Нос мережах відносно розробленого методу.

Результат експерименту показав, що запропонований метод маршрутизації MAODV-FA-OSELM забезпечує істотні переваги відносно аналогів. Так, метод демонструє найкращу пропускну спроможність мережі ( $2.12e+06$ ), найнижчий середній час затримки мережі (0.12), найменшу втрату пакетів (6.32), найнижчу частоту бітових помилок (2.41) та найменші накладні витрати ( $0.10e+06$ ). Однак необхідно зазначити, що перспективним напрямком подальших досліджень може бути дослідження обчислювальної складності процесу управління маршрутизацією та визначення мінімально допустимої репрезентативної вибірки початкових даних для забезпечення прийняття рішень в онлайн режимі.

**Ключові слова:** наземно-повітряна комунікаційна мережа, нейронна мережа, машинне навчання із підкріпленням, метод маршрутизації, пропускну спроможність.

## MATHEMATICAL MODELING

DOI: 10.15587/2706-5448.2024.301207

**ПЕРЕВІРКА ВІДПОВІДНОСТІ ПРОЦЕДУРИ ВЕКТОРНОЇ НОРМАЛІЗАЦІЇ В МЕТОДІ TOPSIS: ЗАСТОСУВАННЯ ДО ВИБОРУ КОЛІСНОГО НАВАНТАЖУВАЧА** (стор. 52–62)

**Mohamed Bouhedja, Samir Bouhedja, Aissa Benselhouh**

Об'єктом дослідження є перевірка придатності процедури векторної нормалізації (NP) у методі Technique for Order Preference by Similarity to the Ideal Solution (TOPSIS). Один із найбільш проблематичних кроків процесу багатокритеріального прийняття рішень (MCDM) пов'язаний із застосуванням NP за замовчуванням для перетворення різних одиниць вимірювання критеріїв у порівнювані одиниці. Це відбувається через відсутність універсальної угоди, яка визначає, який NP є найбільш придатним для даного методу MCDM. У літературі існує тридцять один доступний NP, кожен з яких має свої сильні та слабкі сторони та, відповідно, може бути ефективно застосований до методу MCDM і навіть гірше до іншого. Зауважимо, що багато NP (наприклад, NP суми, max-min, вектор і max) використовувалися за замовчуванням (тобто без дослідження придатності) у методі TOPSIS. Отже, результати багатокритеріального оцінювання та ранжування альтернатив, розглянутих у проблемах прийняття рішень, могли призвести до непослідовних рішень, і, отже, особи, які приймають рішення, могли прийняти нерациональні або невідповідні рішення. Ось чому дослідження придатності NP стають незамінними. Крім того, опис методології, запропонованої в цьому дослідженні, викладено таким чином:

- 1) метод зважування на основі порядкового ранжування критеріїв і множника Лагранжа (для визначення ваг критеріїв);
- 2) метод TOPSIS (для ранжування розглянутих альтернатив);
- 3) статистичний підхід із 3-оцінкою (для порівняння ефектів, створених використаними NP).

У дослідженні дванадцять різних NP порівнюються один з одним у методі TOPSIS за допомогою числового прикладу, який стосується проблеми вибору колісного навантажувача. Результати порівняння вказують на те, що серед дванадцяти різних NP, проаналізованих у цьому дослідженні придатності, вектор NP має менший вплив на результати оцінки розглянутих альтернатив при використанні з методом TOPSIS. Таким чином, векторний підхід NP-TOPSIS може бути застосований для вирішення багатокритеріальних задач прийняття рішення. Його застосування також дозволяє особам, які приймають рішення та користувачам краще вибирати ефективні рішення та, як наслідок, приймати остаточні рішення.

**Ключові слова:** багатокритеріальне прийняття рішень, вибір колісного навантажувача, процедури нормалізації, TOPSIS, статистичний підхід.