ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

DOI: 10.15587/2706-5448.2025.343943

ПОКРАЩЕННЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТА ПОШУКУ АВТОРА ЗА ДОПОМОГОЮ CENSURE ТА VISION TRANSFORMER (стор. 6–14)

Шупилюк М. В., Мартовицький В. О., Романенков Ю. О.

Об'єктом дослідження є процес ідентифікації автора на основі рукописного тексту. Незважаючи на значний прогрес, існуючі методи ідентифікації автора за рукописним текстом мають обмеження, що перешкоджають досягненню максимальної точності та надійності.

Дана робота направлена на оптимізацію та підвищення ефективності ідентифікації автора за рукописним текстом шляхом інтеграції методів попередньої обробки зображень, виявлення ознак та сучасних архітектур машинного навчання. Для цього було розроблено функціональну модель, яка використовує алгоритм CenSurE для виявлення ключових точок та вилучення відповідних ділянок зображення, а потім модель Vision Transformer для ідентифікації автора на основі цих вилучених ознак. Щоб зменшити мінливість результатів, експериментальна валідація була проведена з використанням подвійної методології пошуку та класифікації. Використання публічного набору даних CVL підвищує відтворюваність та допомагає у порівняльному аналізі. Результати дослідження показують, що впровадження запропонованого підходу призводить до покращення точності ідентифікації під час пошуку, перевершуючи результати інших досліджень. Про це свідчить збільшення значень точності hard top *k* та soft top *k* на 1% та середньої точності на 2%. Крім того, результати показують значне покращення продуктивності на етапі попередньої обробки виявлення ознак. Це покращення кількісно підтверджується скороченням як середнього часу на елемент, так і загальної тривалості обробки на 39%, а також збільшенням загальної кількості вилучених ділянок на 70%.

Отримані результати сприяють підвищенню надійності автоматизованих систем аналізу почерку, особливо для завдання ідентифікації автора. Це досягнення є цінним інструментом для графологів та судово-медичних експертів з документів, підтримуючи такі критично важливі завдання, як судово-медичний процес встановлення авторства.

Ключові слова: машинне навчання, ідентифікація автора, трансформер, зображення, нейронні мережі, почерк, попередня обробка.

DOI: 10.15587/2706-5448.2025.344185

РОЗРОБКА МЕТОДУ АДАПТИВНОЇ РЕКОНФІГУРАЦІЇ СИСТЕМ ПОТОКОВОГО ОПРАЦЮВАННЯ ДАНИХ НА ОСНОВІ СИСТЕМНИХ МЕТРИК (стор. 15–22)

Баштовий А. В., Фечан А. В.

Об'єктом дослідження є процес адаптивної зміни налаштувань для систем потокового опрацювання даних задля покращення окремих характеристик додатків. Проблема, яка вирішувалась в цій роботі, полягає у відсутності універсального підходу до автоматичного оновлення конфігурацій сховищ стану під час роботи застосунків. Зокрема, можливість адаптації без залучення програмних інженерів. Рішення реалізовано для Kafka Streams, але спроєктоване як портоване до інших фреймворків, що використовують RocksDB як сховище стану. Системи потокового опрацювання працюють на статичних конфігураціях, що обмежує їхню ефективність при зміні навантаження. У цьому дослідженні запропоновано адаптивний модуль, який спостерігає за системними метриками та оновлює параметри сховища стану без втручання оператора. Модуль відстежує метрики застосунку, застосовує детерміністичні правила, а за неоднозначних ситуацій використовує донавчену LLM (Large Language Model) для вибору нових значень конфігурацій. Після цього метод динамічно оновлює налаштування та перезапускає відповідний інстанс. У середовищі експериментів адаптивні запуски усунули затримки запису, підвищили частку влучань у memtable з 2% до 40% та у кеш блоків – з 15% до 80%, зменшили дискові навантаження приблизно вдвічі та збільшили пропускну здатність приблизно на 5%, за рахунок підвищеного використання оперативної пам'яті. Для уникнення виняткових ситуацій, а також хибних адаптацій було використано експериментально обґрунтоване 10-хвилинне вікно спостереження. Метод підходить для систем із фіксованими ресурсами, навантаженням із великою кількістю різних ключів та потребою у безпечній автоматизації з обмеженнями. Архітектура є універсальною й може застосовуватися не лише для Kafka Streams, а й для інших фреймворків зі сховищами типу RocksDB.

Ключові слова: розподілені системи, потокове опрацювання даних, Kafka Streams, адаптивність, динамічність, RocksDB.

DOI: 10.15587/2706-5448.2025.344630

РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ ХОЛДЕРІВ РОЗШИРЕНИХ ДУМОК НА ОСНОВІ АГРЕГОВАНИХ СТИЛОМЕТРИЧНИХ ТА СЕНТИМЕН-ОЗНАК ПОВІДОМЛЕНЬ У ЧАТАХ (стор. 23–30)

Чижмак Г. С., Сидоренко В. М.

Об'єктом дослідження є процес моніторингу груп авторів думок у соціальних медіа на основі стилометричних та сентимент-ознак. Предметом дослідження є методи та технології моніторингу груп авторів думок у соціальних медіа на основі стилометричних та сентимент-ознак. Однією з найважливіших проблем є зростаюча складність текстового контенту, що ускладнює аналіз поведінки користувачів через анонімність, неформальну мову, сленг, емодзі та нестандартні стилі письма. Стабільні, довгострокові моделі поведінки не вловлюються методами, заснованими на оцінці окремих повідомлень.

У цьому дослідженні пропонується метод кластеризації на рівні холдера, заснований на агрегованих стилометричних та сентимент-ознаках, взятих з кількох повідомлень на користувача. Методологія включає агломеративну ієрархічну кластеризацію, покращену аналізом дерева рішень для вибору ознак та інтерпретації кластерів, нормалізацією квантилів, зменшенням розмірності за допомогою PCA (LiveJournal надав шість компонентів, що пояснюють 81,7% дисперсії, тоді як Instagram надав чотири компоненти, що пояснюють 83,5% дисперсії) та попередньою обробкою даних (VarianceThreshold, видалення висококорельованих ознак). Зрештою, більшість користувачів були охоплені двома кластерами для LiveJournal та трьома кластерами для Instagram. Результатом є набір моделей кластеризації, які ефективно групують холдерів у логічні, зрозумілі кластери на основі їхнього загального стилю спілкування та емоційного вираження. Основні переваги запропонованого підходу полягають у наступному: агрегація на рівні холдерів забезпечує стабільність та узгодженість профілювання; двоетапна кластеризація з проміжним вибором ознак покращує поясненність; метод демонструє кросплатформну застосовність, перевірену як на LiveJournal, так і в Instagram. Як результат, з часом можна розробити точніші та динамічніші профілі користувачів, що дозволить покращити аналіз настроїв, автоматизувати модерацію та налаштувати взаємодію з користувачами. Цей підхід пропонує значні переваги порівняно з методами аналізу окремих повідомлень з точки зору прозорості результатів, глибини поведінкового розуміння та стабільності профілю. Індивідуальні рекомендації в соціальних мережах, автоматизована модерація та аналіз соціальних настроїв можуть отримати користь від результатів дослідження.

Ключові слова: моделі кластеризації, обробка природної мови, семантичний та сентимент-аналіз, пояснений штучний інтелект.

ISSN-L 2664-9969; E-ISSN 2706-5448

DOI: 10.15587/2706-5448.2025.339277

КОНФІДЕНЦІЙНА ПЕРИФЕРІЙНА АГРЕГАЦІЯ ДАНИХ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ДОМОГОСПОДАРСТВАМИ З ВИКОРИСТАННЯМ TINYML (стор. 31–38)

Комін А. С., Бойко О. В.

Об'єктом цього дослідження є використання мобільних моделей прогнозування на основі машинного навчання (ML) і периферійних обчислень на малопотужних пристроях як частини гібридної системи енергоменеджменту (HEMS) з фокусом на конфіденційність і довіру кінцевих користувачів. Дане дослідження розглядає проблему збору, агрегації та обробки чутливих даних у завданнях прийняття рішень щодо режимів роботи мереж smart grid.

Детальний огляд літератури показав, що невиконання очікувань користувачів щодо контролю та конфіденційності часто призводить до незадоволення й втрати залученості. Це дослідження пропонує комплексне рішення, що намагається усунути цю проблему та реалізує прототип підсистеми агрегації даних HEMS, призначеної постачати дані для модуля прогнозування енергоспоживання на основі мобільних ML-моделей.

Розроблені LSTM-моделі прогнозування споживання енергії домогосподарством були конвертовані у формати CoreML та TensorFlow Lite і зберегли точність із RMSE 0,211 кВт · год, швидкістю надання прогнозу < 0,5 мс, розміром на диску у 800 кБ і використанням до 20 МБ RAM. Результати підтверджують їхню придатність для підсистем прогнозування HEMS на малопотужних периферійних пристроях.

Для забезпечення цих моделей даними створено прототип підсистеми агрегації HEMS. Він використовує програмне забезпечення з відкритим кодом (Home Assistant, InfluxDB) і масштабовану контейнерну архітектуру, орієнтовану на конфіденційність, що зберігає дані на периферії. Тести на Raspberry Pi 5 16 Gb показали 97,2% доступності за 72 годин використання, стабільну роботу з середнім навантаженням у 12% RAM, 18% CPU та температурою 44–51°C при обробці 1440 записів щодня для кожного сенсора. Результати підтверджують надійну агрегацію даних в умовах обмежених ресурсів і гарні перспективи масштабування.

Отримані результати свідчать, що розроблені моделі та прототип можуть слугувати сенсорним і обчислювальним рівнями HEMS, забезпечуючи необхідні дані для вибору режимів роботи мікромереж домогосподарств.

Ключові слова: системи управління енергоспоживанням, енергоефективність, Інтернет речей, розумні енергомережі.

DOI: 10.15587/2706-5448.2025.342927

РОЗРОБКА СТРАТЕГІЙ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ КІБЕРБЕЗПЕКИ ТА ЦИФРОВОЇ ДОВІРИ В ЦИФРОВОМУ СЕРЕДОВИЩІ АЗЕРБАЙДЖАНУ (стор. 39–56)

Khayala Alasgarova, Sahib Ramazanov

Це дослідження зосереджено на оцінці практик кібербезпеки та рівня цифрової довіри в Азербайджані, а також на виявленні основних слабких місць на основі реальних даних.

Об'єктом дослідження є практики кібербезпеки та цифрова довіра серед організацій та користувачів в Азербайджані.

Дослідження вирішує проблему недостатності емпіричних даних щодо практик кібербезпеки та цифрової довіри в Азербайджані, що сприяє низькій обізнаності, слабкому впровадженню заходів безпеки, частим кіберінцидентам та обмеженій довірі до цифрових послуг та законодавства.

Методологія дослідження включала кількісне опитування 129 учасників, кореляційний аналіз Спірмена та моделювання теплової карти ризиків. Аналіз даних проводився за допомогою персонального комп'ютера з програмним забезпеченням Microsoft Excel та SPSS (Statistical Package for the Social Sciences).

Результати показують, що 55% організацій мають помірний рівень обізнаності з питань кібербезпеки, 17,8% мають низький рівень обізнаності, а 53,5% не проводять навчання співробітників з питань кібербезпеки. Хоча 76% банків використовують багатофакторну автентифікацію (MFA), 40,3% стикалися з випадками шахрайства. Кореляційний аналіз Спірмена вказує на негативний взаємозв'язок між обізнаністю та кіберінцидентами (–0,33) і між навчанням та інцидентами (–0,29), тоді як використання MFA демонструє позитивну кореляцію з виявленням шахрайства (+0,3446). Крім того, 64,3% користувачів почуваються досить безпечно, а 41,1% вважають державну освіту найважливішою сферою, яка потребує вдосконалення.

Результати дослідження показують, що недостатнє навчання, неповне впровадження сучасних заходів захисту та слабка освіта населення збільшують ризики кібербезпеки навіть в організаціях із помірним рівнем обізнаності. Ці результати можуть допомогти Державній службі спеціального зв'язку та інформаційної безпеки (SSSCİS) у вдосконаленні Національної стратегії кібербезпеки та сприяти банкам, підприємствам та навчальним закладам у зміцненні практик кібербезпеки на період 2025–2030 років.

Ключові слова: кібербезпека, цифрова довіра, фішинг-атаки, порушення безпеки даних, шахрайські дії.

СИСТЕМИ ТА ПРОЦЕСИ КЕРУВАННЯ

DOI: 10.15587/2706-5448.2025.341926

ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ВИЛУЧЕННЯ СУТНОСТЕЙ З НЕСТРУКТУРОВАНИХ ДОКУМЕНТІВ (стор. 57–67)

Шишацький О. О., Мороз Б. І., Євланов М. В., Левикін І. В., Мороз Д. М.

Об'єкт дослідження – масиви неструктурованих документів, які розташовано на публічних веб-сайтах сільських та міських громад України.

Дослідження присвячено вирішенню проблеми вибору великої мовної моделі (LLM), яка є найкращою для прикладного використання у вирішенні задач розпізнавання іменованих сутностей (NER) під час обробки документів. Сучасні дослідники визнають, що на подібний вибір суттєво впливають особливості предметної галузі та мови створення документів. Але під час вивчення доцільності застосування LLM для вирішення задач NER особливості експлуатації таких моделей практично не враховуються. Питання оцінювання таких особливостей залишаються значною мірою недослідженими.

Запропоновано метод розпізнавання обраних різновидів юридичних неструктурованих текстів українською мовою. На відміну від існуючих, цей метод вирішує задачу NER для тих документів, які підлягають розпізнаванню/класифікації. Запропоновані метрики вартості обробки вхідних та вихідних токенів та розроблено методику оцінювання вартості використання LLM. На основі цих результатів проведено порівняльне оцінювання застосування розповсюджених LLM для вирішення задачі NER над текстами українською мовою, які слід розпізнати. За результатами оцінювання визнано: (І) за точністю

та якістю обробки найкращою є GPT-4o (Precision = 0.919; Recall = 0.954; *F*1 = 0.936); (II) за значенням середньої вартості обробки документа найкращою є GPT-4o-mini із знижками (0.00045 дол. США за документ); (III) за співвідношенням «якість/вартість» найкращою є GPT-4.1-mini із знижками (значення показника дорівнює 0.938). Як найкращу для прикладного застосування рекомендовано LLM GPT-4.1-mini.

Отримані результати оцінювання дозволяють значно спростити вибір LLM, яку доцільно використовувати для створення інформаційних систем і технології обробки неструктурованих документів, створених українською мовою.

Ключові слова: юридичний неструктурований документ, структурована анотація документу, вартість обробки токенів, GPT-4.1-mini.

DOI: 10.15587/2706-5448.2025.344562

РОЗРОБКА МЕТОДУ СЕГМЕНТУВАННЯ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОГО ЗОБРАЖЕННЯ З БЕЗПІЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ НА ОСНОВІ МУРАШИНОГО АЛГОРИТМУ В УМОВАХ ВПЛИВУ ШУМУ СІЛЬ ТА ПЕРЕЦЬ (стор. 68–75)

Рубан І. В., Худов Г. В., Худов В. Г., Маковейчук О. М., Хижняк І. А., Бутко І. М., Гризо А. А., Худов Р. Г., Минко П. Є., Баранік О. М.

Об'єктом дослідження є процес сегментування оптико-електронного зображення з безпілотного літального апарату на основі мурашиного алгоритму при впливі шуму сіль та перець.

Шум «сіль» та «перець» виникає внаслідок помилок передавання даних, збоїв сенсорів цифрових камер або несправностей під час запису/зчитування інформації. Він характеризується випадковою появою на зображенні окремих пікселів, значення яких дорівнює мінімальному («перець») або максимальному («сіль») рівню яскравості.

На відміну від відомих, метод сегментування оптико-електронного зображення на основі мурашиного алгоритму забезпечує сегментування зображення в умовах впливу шуму сіль та перець та передбачає:

– ініціалізацію початкових параметрів;
– обчислення довжини відрізка шляху агентів;
– обчислення привабливості маршруту для агента;
– оновлення концентрації феромону;
– обчислення ймовірності переходу агентів;
– розрахунок цільової функції;
– переміщення агентів;
– визначення найкращого маршруту агентів.

Експериментальні дослідження показали, що метод сегментування на основі мурашиного алгоритму забезпечує зниження помилок сегментування першого роду в середньому:

– при відсутності шуму сіль та перець – 4%;
– при інтенсивності шуму сіль та перець σ = 5–21%;
– при інтенсивності шуму сіль та перець σ = 15–10%.

Метод сегментування на основі мурашиного алгоритму забезпечує зниження помилок сегментування другого роду в середньому:

– при відсутності шуму сіль та перець – 3%;
– при інтенсивності шуму сіль та перець σ = 5–15%;
– при інтенсивності шуму сіль та перець σ = 15–6%.

Практичне значення методу сегментування на основі мурашиного алгоритму полягає у забезпеченні якісного сегментування зображення в умовах впливу шуму сіль та перець.

Ключові слова: оптико-електронне зображення, сегментування, мурашиний алгоритм, шум сіль та перець.

DOI: 10.15587/2706-5448.2025.345825

РОЗРОБКА ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ WEB-ОРІЄНТОВАНОЇ СИСТЕМИ ЧАСТОТНОГО КЕРУВАННЯ СЕРВОПРИВОДОМ НА БАЗІ ТЕХНОЛОГІЇ «DIGITAL TWINS» (стор. 76–90)

Заміховський Л. М., Николайчук М. Я., Левицький І. Т.

Об'єктом дослідження є інформаційні процеси взаємодії між віртуальними компонентами імітаційної моделі WEB-орієнтованої системи частотного керування синхронним сервоприводом. Проблематика дослідження полягає у необхідності комплексного вирішення задач при створенні імітаційних моделей систем керування технологічними об'єктами на базі удосконалених алгоритмів, процедур і уніфікованих апаратно-програмних засобів.

Розроблено проєкт системи частотного керування синхронним сервоприводом SIMOTICS S-1FK2 на базі PLC Simatic S7-1500 та FC Sinamics S210 у середовищі TIA Portal. Виконано конфігурування, параметрування та налагодження комунікаційного середовища апаратних засобів проєкту. Розроблено прикладне програмне забезпечення системи частотного керування мовою FBD стандарту IEC 61131-3 з інтегрованим спеціалізованим технологічним об'єктом «SpeedAxis».

У ході розроблення імітаційної моделі системи застосовано віртуальний PLC і згенеровано «Digital Twins» для FC з інтегрованим синхронним сервоприводом. Для взаємодії між віртуальними компонентами імітаційної моделі реалізовано процедури базового параметрування та завантаження в режимі «on-line» компонентів проєкту TIA Portal у відповідні «Digital Twins».

Виконано тестування та дослідження інформаційних процесів взаємодії між віртуальними компонентами імітаційної моделі в режимі «on-line» і засобами вбудованого WEB-сервера.

Тестування проведено на швидкостях 2000 і 4000 об/хв. комутованих з періодом 12 сек. Визначено параметри заданої та актуальної швидкостей, поточні напругу, струм, крутний момент і потужність на виході віртуального частотного перетворювача.

За результатами тестування підтверджено можливість і коректність сумісного функціонування компонентів імітаційної моделі в ізохронному режимі реального часу з синхронізацією циклу в 1 мс на базі технології «Digital Twins».

Ключові слова: WEB система керування, TIA Portal, Digital Twin, імітаційна модель, PLC, частотний перетворювач Sinamics.

ISSN-L 2664-9969; E-ISSN 2706-5448

DOI: 10.15587/2706-5448.2025.346398

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ УРАЖЕННЯ ДЕСАНТНОЇ ГРУПИ ВОРОГА З ВРАХУВАННЯМ ПОСЛІДОВНИХ ЗАЛПІВ ТА ЗНИЖЕННЯ БОЙОВОГО ПОТЕНЦІАЛУ В КОМП'ЮТЕРНОМУ МОДЕЛЮВАННІ **(стор. 91–96)**

Неїжпапа О. Л., Максимов М. В., Тошев О. Т.

Об'єктом дослідження є операції морського десанту та взаємодія між протикорабельними ракетами та військово-морськими силами у різних сценаріях моделювання. Комп'ютерне моделювання є важливим інструментом для симуляції та оцінки комплексних процесів. Стратегічно-орієнтовані відеоігри дозволяють моделювати та взаємодіяти з багаторівневими системами у сучасній війні, та у різних сценаріях. Це дослідження розроблює основу для моделювання морської десантної операції у стратегічній військовій грі. Модель зосереджена на взаємодії між атакуючим гравцем, який використовує транспортні кораблі для морського десанту, кораблі вогневої підтримки, тральщики, підрозділи радіоелектронної боротьби та літаки-перехоплювачі, та гравцем, що захищається, який використовує пускові установки протикорабельних ракет і морські мінні поля. Ключовою метою є визначення оптимальних оборонних стратегій за умов обмежених ресурсів, розрахунок можливих взаємодій підрозділів, оцінка можливих результатів, що може допомогти визначити найкращу тактику для запобігання або проведення успішної морської десантної операції. Методологія була реалізована з використанням стохастичної математичної моделі для оцінки ефективності протикорабельних ракет проти різних типів кораблів з різними оборонними можливостями. Методологія пропонує різні підходи для гравця, що захищається, спрямовані на найбільш вразливі або найважливіші частини конвою атакуючого гравця, щоб забезпечити найефективніший спосіб запобігання операції морського десанту.

Результати експерименту показують важливість динамічної пріоритезації цілей для гравця захисника, що дозволяє підвищити ефективність використання ресурсів до двох разів порівняно з базовим алгоритмом вибору цілей.

Дана модель дозволяє покращити реалізм симуляцій морського бою у відеогрі, яка дає можливість легко коригувати баланс гри, та можлива для подальшого застосування в умовах тактичної підготовки.

Ключові слова: комп'ютерне моделювання, симуляційна платформа, морський десант, протикорабельні ракети, стохастичні моделі.

DOI: 10.15587/2706-5448.2025.347074

ВИЯВЛЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ СИТУАЦІЙ НА ДОРОЖНІЙ ІНФРАСТРУКТУРІ ЗА ДОПОМОГОЮ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ **(стор. 97–102)**

Nurzhigit Smailov, Yerzhan Nussupov, Kyrmyzy Taissariyeva, Aidar Kuttybayev, Moldir Baigulbayeva, Mukhit Turumbetov, Григор'єв Ю. І., Луценко С. О.

Об'єктом дослідження є розроблена автоматизована обчислювальна модель (система на основі штучного інтелекту) для моніторингу та аналізу дорожнього руху в режимі реального часу, зосереджена на виявленні та оцінці небезпечних ситуацій (порушення правил дорожнього руху, затори та ризики аварій). У цій роботі досліджується, як збільшення кількості людей, які переїжджають до міст, та їхніх транспортних засобів збільшує ймовірність дорожньо-транспортних пригод на дорогах загального користування. Також зазначається, що традиційні перевірки проводяться дуже повільно та не повністю виявляють порушення правил дорожнього руху. Щоб подолати ці обмеження, було запропоновано нову автоматизовану обчислювальну модель для відстеження транспортних засобів та аварій, засновану на безпілотних літальних апаратах у поєднанні з технологіями комп'ютерного зору та штучного інтелекту. Запропонована модель дозволяє виявляти та оцінювати загрози в режимі реального часу. Дослідження змодельовано в середовищі MATLAB з використанням реальних даних про дорожній рух із відео, знятого дроном. Ця модель демонструє значні покращення операційних показників, середня точність виявлення досягла 89% для транспортних засобів та критичних подій (наприклад, затори, відхилення). Модель успішно візуалізує зони ризику за допомогою теплових карт та прогнозує короткострокові зміни в схемі руху, підвищуючи надійність управління дорожнім рухом та розширюючи можливості прогнозування ризиків дорожнього руху. Результати, отримані під час моделювання, можуть бути використані на практиці транспортними службами, дорожніми та технічними організаціями, особливо на складних перехрестях та на автомагістралях з високим рівнем аварійності в міських, густонаселених районах.

Ключові слова: інфраструктура, безпека, ризики, моніторинг, дорожній рух, інциденти, дрони, літаки, пошкодження, урбанізація.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

DOI: 10.15587/2706-5448.2025.344494

РОЗРОБЛЕННЯ УНІВЕРСАЛЬНОГО МЕТОДУ ОЦІНКИ СТАНУ Й ОПТИМІЗАЦІЇ БАГАТОФАКТОРНИХ НАПІВМАРКОВСЬКИХ СИСТЕМ **(стор. 103–108)**

Раскін Л. Г., Сухомлин Л. В., Карпенко В. В., Соколов Д. Д., Власенко В. В.

Об'єктом дослідження є метод вирішення завдань аналізу та оптимізації напівмарківських систем. Важливість теми визначається такими обставинами. По-перше, традиційні, стандартні теоретичні та практичні завдання дослідження стохастичних систем вирішуються аналітично тільки для марківських систем, для яких закони розподілу тривалості перебування в кожному стані до догляду є експоненціальними. Зрозуміло, що ця жорстка вимога для реальних систем не виконується. По-друге, для багатьох імовірнісних систем загального методу аналітичного дослідження немає. По-третє, доступні та здійсненні лише чисельні методи вирішення таких завдань. При цьому в кожному випадку рішення може бути отримане тільки для конкретної системи, що досліджується, що функціонує в конкретних умовах. Зрозуміло, що таке рішення є малоінформативним, а для завдань оптимізації багатофакторних систем практично марно. У зв'язку з цим дослідження направлене на розробку універсального методу вирішення завдань аналізу та оптимізації, придатного для будь-яких напівмарківських систем. Пропонований метод вирішення сформульованої задачі вирішує її у два етапи. На першому етапі шляхом обробки експериментальних даних знаходиться матриця щільностей розподілу тривалості перебування досліджуваної системи в кожному зі станів до переходу в інший стан. При цьому важливо, щоб густини, що відшукуються, належали до класу щільностей розподілу Ерланга будь-якого порядку. Шукані щільності знаходяться за допомогою найменших квадратів з використанням гістограм, одержуваних при обробці експериментальних даних. На другому етапі отримані густини розподілу використовуються для складання системи диференціальних рівнянь щодо ймовірностей перебування системи у кожному з можливих станів. При цьому конструктивно використовується унікальна властивість розподілів Ерланга, яка полягає в тому, що будь-який ерланговський потік є просіяний найпростіший потік пуассонів. Послідовне виконання цих двох етапів призводить до отримання розв'язання задачі дослідження будь-яких імовірнісних (напівмарківських) систем. Таким чином, запропонований у роботі метод вирішення завдань аналізу та оптимізації напівмарківських систем є універсальним.

Ключові слова: напівмарковські системи, аналіз і оптимізація систем, розподіл Ерланга, ймовірнісне моделювання.