

УДК 004

Н.Дворцов, магістр гр. КН-24М,*Центральноукраїнський національний технічний університет*

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ОСОБЛИВИХ ТОЧОК

У статті розроблено програмне забезпечення, яке призначено для системи інтелектуального розпізнавання з використанням особливих точок. Метою розробки є дослідження та принципи побудови системи інтелектуального розпізнавання з використанням особливих точок. Об'єктом дослідження є процес інтелектуального розпізнавання з використанням особливих точок. Предметом дослідження є методи інтелектуального розпізнавання з використанням особливих точок. Методи дослідження базуються на методах теорії розпізнавання образів, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення. Результат роботи – програмна реалізація системи інтелектуального розпізнавання з використанням особливих точок. В процесі роботи над програмною моделлю виконано аналіз існуючих апаратних та програмних засобів. В повній мірі описані всі компоненти розробленого програмного забезпечення.

інтелектуальне розпізнавання образів, використання особливих точок

Постановка проблеми. Для людей розпізнавання образів – це когнітивний процес у мозку. Ми можемо без зусиль зіставити інформацію, яку бачимо, з даними, що зберігаються в нашій пам'яті. Ми можемо миттєво розрізнити зображення квітки та тварини або впізнати знайоме обличчя, гортаючи Instagram.

Розпізнавання образів відбувається в нашому мозку, коли ми зіставляємо інформацію, з якою ми стикаємося, з даними, що зберігаються в нашій пам'яті. Рецептори розпізнавання образів (PRR) у нашому організмі мають специфічну місію з виявлення та боротьби з патогенними та пов'язаними з пошкодженнями молекулярними патернами. Але це біологія, а не технології.

У машинному навчанні розпізнавання образів – це технологія, яка зіставляє інформацію, що зберігається в базі даних, з вхідними даними шляхом визначення спільних характеристик.

Іноді люди плутають машинне навчання та розпізнавання образів. Щоб спростити це, скажімо, що розпізнавання образів – це один із видів машинного навчання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При аналізі останніх досліджень і публікацій [1-30] було виявлено певні прогалини у забезпеченні системи інтелектуального розпізнавання з використанням особливих точок.

Мета й завдання дослідження. Метою роботи є дослідження та принципи побудови системи інтелектуального розпізнавання з використанням особливих точок.

Для досягнення поставленої мети визначена програма дослідження, що складається з наступних завдань:

- Огляд існуючих систем інтелектуального розпізнавання з використанням особливих точок.
- Дослідження системи інтелектуального розпізнавання з використанням особливих точок.
- Програмна реалізація системи інтелектуального розпізнавання з використанням особливих точок.

Об'єктом дослідження є процес інтелектуального розпізнавання з використанням особливих точок.

Предметом дослідження є методи інтелектуального розпізнавання з використанням особливих точок.

Методи дослідження базуються на методах теорії розпізнавання образів, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення.

Виклад основного матеріалу. Розпізнавання образів даних

Розпізнавання образів – це похідна від машинного навчання, яка використовує аналіз даних для розпізнавання вхідних шаблонів та закономірностей. Ці дані можуть бути будь-чим: від тексту та зображень до звуків чи інших визначених якостей.

Ця техніка дозволяє швидко та точно розпізнавати частково приховані візерунки навіть у незнайомих об'єктах. Розпізнавання візерунків передбачає класифікацію та кластеризацію точок даних на основі знань, отриманих статистично з минулих представлень.

Що таке шаблони з точки зору даних?

Розпізнавання образів включає обробку необроблених даних у кластеризовані образи або ознаки.

Шаблони – це характеристики даних, які можуть бути безперервними, як-от спектральні особливості мовлення, або дискретними/двійковими, як у випадку тексту чи зображень. Шаблон зазвичай має векторне представлення.

Закономірності, математично вивчені моделями машинного навчання (за допомогою методів статистичного розпізнавання образів), призначаються цільовому класу на основі абстракції, згенерованої за допомогою знань предметної області та ознак, витягнутих з вхідних даних.

Як працює розпізнавання образів?

Тепер перейдемо до обговорення складових частин методу розпізнавання образів

Пошук закономірностей у даних:

– Збір та попередня обробка даних. Система розпізнавання образів може працювати з будь-яким типом даних, таким як текст, відео, аудіо тощо, та попередньо обробляти ці вхідні дані. Цей етап є важливим, оскільки він зосереджений на доповненні даних та фільтрації шуму в системі.

– Представлення даних. Потім нейронна мережа аналізує відфільтровані дані, щоб отримати та виявити значущу інформацію. Витягнуті ознаки сегментуються на те, що становить шаблони.

– Прийняття рішень. Виявлені притаманні закономірності та висновки вводяться в режим 1 для прогнозування класів (позначений набір даних), прогнозування кластерів (непозначений набір даних) або прогнозування значення (де в гру вступає регресія) на основі бізнес-випадку використання.

Етапи розпізнавання образів

Розпізнавання образів – це розділ машинного навчання, який зосереджується на розпізнаванні шаблонів даних. Він складається з двох основних частин:

1. Дослідницьке розпізнавання образів – спрямоване на виявлення шаблонів даних загалом. Алгоритми зосереджені на пошуку прихованих шаблонів або кластерів ознак у даних. Вони в основному покладаються на ненавчальну класифікацію, яка призначає вхідний шаблон як невизначений клас.

2. Описове розпізнавання образів – спрямоване на категоризацію виявлених образів та ідентифікацію їх як частини заздалегідь визначеного класу. В основному використовується контрольована класифікація.

Розпізнавання образів часто є завданням класифікації або категоризації. Класи або визначаються системою (у випадку контрольованої класифікації), або вивчаються на основі подібності між образами (як у випадку неконтрольованої класифікації).

Типи моделей розпізнавання образів

Статистичне розпізнавання образів

Як випливає з назви, ця модель спирається на історичні дані та статистичні методи для вивчення особливостей і закономірностей з даних. Це включає збір спостережень, їх вивчення та аналіз для виведення загальних правил або концепцій, які можна застосувати до нових, невидимих спостережень.

Візерунок групується на основі його ознак, а кількість ознак визначає, як візерунок розглядається як точка в d -вимірному просторі. Для розпізнавання візерунків використовується цей простий метод:

1. Представлення. Визначення способу зв'язку об'єктів, можливо, за допомогою n -вимірного векторного простору.
2. Узагальнення. Правила та концепції, які можна вивести з заданого представлення набору прикладів і, отже, застосувати до невидимих точок даних.
3. Оцінювання. Оцінки точності та достовірності моделі для оцінки продуктивності системи.

Наприклад, ця модель зручна під час розробки штучного інтелекту для фінансового сектору, щоб прогнозувати ціни на акції на основі минулих ринкових тенденцій та екстраполювати ринкові умови з минулих даних.

Розпізнавання синтаксичних образів

Шаблони, що містять структурну або реляційну інформацію, важко кількісно визначити як вектори ознак через їхню складність. У таких випадках статистичного розпізнавання шаблонів може виявитися недостатнім.

Однак, ви можете класифікувати дані на основі структурної схожості у шаблонах даних. Саме тому методи розпізнавання синтаксичних шаблонів працюють для розпізнавання зображень та аналізу сцен, де шаблони складні, а кількість ознак велика.

Розбиття складних шаблонів на простіші ієрархічні підшаблони зручно для розпізнавання доріг, річок чи людей на зображеннях, або синтаксису та граматики в тексті.

Розпізнавання нейронних образів

Безумовно, це найпопулярніший метод виявлення закономірностей завдяки ступеню складності, з якою він може впоратися.

Штучна нейронна мережа – це обчислювальна система, змодельована за архітектурою нейронної мережі, подібно до того, як людський мозок обробляє складні сигнали.

Він може навчитися розпізнавати закономірності в різних типах даних (наприклад, текстових, візуальних чи аудіо) та ефективно працювати з невідомими даними.

Зіставлення шаблонів

Цей метод зіставляє характеристики об'єкта з попередньо визначеним шаблоном та ідентифікує об'єкт за посередництвом.

Його зазвичай використовують у комп'ютерному зорі для виявлення об'єктів у таких галузях, як робототехніка, відстеження транспортних засобів та інших, щоб знаходити невеликі ділянки зображення, що відповідають шаблону.

Наприклад, у медичній візуалізації вузлики виявляються за допомогою методів зіставлення шаблонів.

Порада професіонала: ознайомтеся з нашим списком інноваційних застосувань штучного інтелекту в охороні здоров'я.

Переваги та проблеми розпізнавання образів

Тепер давайте коротко розглянемо переваги та недоліки методу розпізнавання образів.

Розпізнавання образів – переваги:

– Розпізнавання образів допомагає вирішувати сценарії класифікації, такі як проблеми біометричного виявлення та класифікація вузликів на пухлинні/непухлинні клітини в медичній візуалізації.

– Розпізнавання образів корисне для виявлення об'єктів, особливо для ідентифікації віддалених та прихованих об'єктів або тих, що видно під іншими кутами, ніж у вхідних даних. Моделі штучного інтелекту можуть робити нюансовані спостереження та

співвідносити численні образи на величезних обсягах даних, що є одним із найцінніших застосувань розпізнавання образів.

– Розпізнавання образів вмiє підсумовувати всі вектори ознак та шаблони даних, що дозволяє йому прогнозувати ціни на акції та робити точні екстрапольовані прогнози загалом.

Розпізнавання образів – труднощі:

– Розпізнавання образів, як правило, вимагає багато даних. Іншими словами, для навчання нейронних мереж аналізу образів потрібно багато навчальних даних. Зберігання таких величезних обсягів даних може ще більше обмежити застосування розпізнавання образів.

– Проблеми з якістю даних. Дані для навчання алгоритмів машинного навчання повинні надходити з надійних джерел. Вони повинні бути вільними від упередженості та шуму, які перешкоджають ідентифікації шаблонів та можливостям нейронної мережі приймати рішення.

– Тривалий час навчання. Виявлені закономірності не тільки важко аналізувати, але й потребують багато часу для збору даних, їх попередньої обробки та навчання моделі.

Застосування розпізнавання образів

Розпізнавання образів має низку більш і менш відомих застосувань у різних галузях промисловості.

Прогноз фондового ринку

Прогнозування майбутньої вартості акцій є одним із найскладніших завдань. Спочатку використовувалися лінійні моделі машинного навчання та навчання рішень, але тепер також використовуються моделі глибокого навчання. Багато трейдерів використовують графічні патерни в поєднанні з іншими алгоритмами розпізнавання образів, що включають глибоке навчання та LSTM, для прийняття торгових рішень та прогнозування фондового ринку.

Дослідження аудиторії

Розпізнавання образів служить способом опису даних шляхом виділення їх відмінних рис, які самі по собі є закономірностями. Воно використовується для аналізу доступних даних користувачів та їх сегментації за вибраними ознаками.

Google Analytics є одним із відомих джерел таких функцій. Дані, зібрані Google Analytics, можуть бути пов'язані з тим, що клієнт має намір купити, коли відвідує певний веб-сайт, кількістю людей, які переглянули публікацію, та чи взаємодіяли вони з контентом, наприклад, з кліками. Перегляд даних про транзакції може допомогти у визначенні моделей поведінкової сегментації під час відвідування веб-сайтів та транзакцій електронної комерції.

Багато OTT-платформ та компаній електронної комерції покладаються на складні механізми штучного інтелекту, які аналізують моделі поведінки користувачів, щоб персоналізувати свої пропозиції. Прикладами цього є рубрики «Вам також може сподобатися» від Netflix та «Люди також купують» від Amazon.

Розпізнавання текстових шаблонів

Розпізнавання образів – це спосіб ідентифікації складових частин тексту, таких як слова, граматики та шаблон, якому він дотримується. Це використовується в засобах перевірки граматики, машинному перекладі, категоризації контенту тощо.

Відгуки клієнтів

У світі бізнесу обробка тексту широко використовується для покращення обслуговування клієнтів. Системи розпізнавання образів шукають корисну інформацію у відгуках клієнтів та оглядах продуктів. Це включає такі речі, як використані ключові слова, почуття клієнта та його бажання. Це важливо для таких речей, як аналіз конкурентів та ринку. Ми можемо дізнатися, що люди думають про компанію, де вона знаходиться тощо.

Оптичне розпізнавання символів (OCR)

Оптичне розпізнавання символів, або OCR, – це технологія, яка дозволяє перетворювати відскановані документи, знімки екрана та інші цифрові зображення на електронні файли, які можна редагувати та шукати. OCR економить час і підвищує

ефективність, усуваючи необхідність ручного введення даних. Для виконання OCR цифрові зображення спочатку сегментуються та обробляються для виявлення оптичних шаблонів. Потім ці шаблони класифікуються як літери, цифри, символи тощо. У банківському секторі OCR також використовується для перевірки підписів.

Чат-бот

Кожен чат-бот працює за допомогою алгоритму машинного навчання для класифікації тексту на основі властивого йому шаблону речення та генерації відповідної відповіді. Куратор системи відповідає за зіставлення всіх можливих шаблонів з набором можливих відповідей. Цей метод перебору, що використовує обробку природної мови як основу, є ще одним чудовим прикладом застосування розпізнавання образів.

Розпізнавання зображень

На зображеннях розпізнавання образів можна використовувати для пошуку країв, ліній та форм. Це використовується в обробці зображень, комп'ютерному зорі тощо.

Розпізнавання медичних зображень

Одна з найпоширеніших проблем у медичній візуалізації стосується низької якості, що ускладнює інтерпретацію зображень рентгенологами.

Щоб подолати це, у біомедичній візуалізації використовуються методи комп'ютерного зору для виявлення наявності пухлин або ідентифікації початку захворювань. Ця комп'ютерна діагностика проводиться шляхом спостереження за значущими особливостями та аномаліями у закономірностях, які можуть бути приховані від людей.

Ці методи розпізнавання образів у поєднанні з обробкою зображень також використовуються в розробці ліків. Наприклад, секвенування ДНК відіграло важливу роль у розробці вакцини проти Covid.

Візуальний пошук зображень

Обробка зображень та комп'ютерний зір, що використовуються пошуковими системами та майданчиками електронної комерції, покладаються на методи розпізнавання образів для підтримки пошуку зображень.

Це працює так само, як і буквено-цифровий пошуковий запит, але з використанням зображень. Метадані зображень та додаткові текстові підказки підвищують ефективність результатів і допомагають краще фільтрувати варіанти на основі контексту.

Наприклад, такі технології широко застосовуються Google та Amazon.

Розпізнавання голосу

Розпізнавання образів використовується в пристроях з голосовою активацією для визначення шаблонів мовлення. Це дозволяє таким пристроям, як автомобільні навігаційні системи, Alexa та голосові пошукові системи, розуміти команди та реагувати на них.

Методи розпізнавання мовлення також використовуються в програмах для перетворення тексту в голос та голосу в текст, таких як Google Assistant. Це дозволяє людям з вадами зору чути та надсилати текст у відповідь.

Голосові помічники для бізнесу (наприклад, електронної комерції) також використовують ці методи, щоб забезпечити цілодобову підтримку мільйонам користувачів веб-сайтів і мобільних додатків.

Автоматичне розпізнавання мовлення – це технологія, яка може прослуховувати команди та реагувати на них, позбавляючи людей необхідності вводити довгі команди. Автоматичне субтитрування – це ще одна технологія, яка перетворює мовлення на текст, а потім відображає його на екрані. Це можна побачити на YouTube або Facebook, де субтитри генеруються автоматично для відео.

Робота голосових помічників

Крім того, розпізнавання образів допомагає ідентифікувати музику, скопійовану в іншого виконавця. Розглядаючи форми хвиль та амплітуди звуку, експерти можуть визначити, чи схожий один музичний твір на інший. Це може допомогти вирішити проблеми з авторським правом для музикантів.

Розвідка виявлення вторгнень

Розпізнавання образів можна використовувати для вирішення проблем безпеки, наприклад, шляхом виявлення громадянських заворушень через соціальні мережі.

Щохвилини в соціальних мережах генерується багато даних, і штучний інтелект може допомогти перетворити ці дані на корисну інформацію, виявляючи закономірності. Наприклад, Facebook використовує розпізнавання образів для виявлення фальшивих профілів, створених за допомогою фотографій профілів інших людей.

Комп'ютерні мережі мають системи виявлення вторгнень, які аналізують структуру даних та вхідного трафіку. Залежно від структури даних, вони можуть оцінювати будь-які аномалії або вторгнення в систему та допомагати запобігати атакам на захищені мережі.

Ключові висновки

Технологія розпізнавання образів використовується в аналізі великих даних для пошуку комбінацій властивих їм закономірностей, які часто або рідко зустрічаються разом. Ця інформація формує набір ознак для даних і допомагає в прогнозуванні невидимих даних.

Існує безкінечна кількість можливостей, оскільки розпізнавання образів стає все більш футуристичним та інтелектуальним, що має великий вплив на життя людини.

Майбутнє застосувань розпізнавання образів лежить у сфері обробки зображень, таких як медична діагностика, виявлення об'єктів, комп'ютерний зір, обробка природної мови, розпізнавання рукописного тексту та багато іншого.



Рисунок 1 – Структурна схема системи

Наскільки добре спрацьовують пристрою ідентифікації за особою?

Комп'ютери здатні робити усе більше різучі речі, але, проте, вони не є чарівним засобом. Якщо самі люди часто не можуть довідатися суб'єкта, зображеного на фотографії, то якої надійності можна чекати від комп'ютера? Людський мозок найвищою мірою пристосований до розпізнавання осіб, приміром, маленькі діти запам'ятовують обличчя набагато краще, ніж будь-які інші форми. Крім усього іншого, людський мозок володіє набагато більшою, ніж комп'ютери, здатністю компенсації змін освітленості й кута зору. Справа в тому, що особи мають надзвичайно складний рисунок і часто відрізняються друг від друга тільки невловимими деталями, тому нерідко як людині, так і комп'ютеру буває неможливо зіставляти зображення при наявності різниці у висвітленні, кута огляду камери, не говорячи вже зміни зовнішнього вигляду самої особи.

Тому не дивно, що проведені урядом США дослідження програмних засобів розпізнавання за особою встановили високий відсоток помилкового розпізнавання безневинних людей і ідентифікації їх з фотографіями інших осіб, що перебувають у базі даних, а також нездатність цих засобів розпізнати справжніх злочинців, навіть якщо їхній фото є в наявності в базі даних.

Приміром, дослідження, проведене Національним інститутом стандартів і технологій (NIST), установило, що рівень помилкової ідентифікації або нерозпізнавання суб'єктів, чий фотографії були зроблені всього 18 місяців назад, дорівнює 43%. При цьому фотографії, використані в дослідженні, були зняті в ідеальних умовах, що досить важливо, тому що

програми розпізнавання за особою дуже погано справляються з оцінкою зміни освітленості або кута нахилу камери. "Важкі" для них і фотографії із жвавим тлом. Дослідження NIST також дійшло висновку, що зміна кута нахилу камери на 45 градусів робить такі програми практично марними. Щонайкраще технологія розпізнавання особи спрацьовує в строго контрольованих умовах, коли суб'єкт дивиться прямо в камеру при яскравій освітленості. Правда, інше дослідження, проведене Міністерством оборони США, виявило високий рівень помилкової ідентифікації навіть при таких ідеальних умовах. Таким чином, від знімків із зернистим зображенням або старими фотографіями, типу тих, які зберігаються в особистих справах, буде дуже мало користі.

Крім цього, піднімалися питання про те, наскільки добре спрацьовують програми відносно темношкірих людей, риси особи яких можуть не розрізнятися об'єктивними, оптимізованими для зйомки людей зі світлою шкірою.

У розпорядженні уряду перебуває величезна, готова до використання база даних зображень осіб громадян – це фотографії водійських посвідчень. За законом, уряд не може продати ці фотографії приватним компаніям, однак не передбачено ніяких обмежень для використання цих знімків самим урядом для цілей відеоспостереження й ідентифікації. Федеральний уряд США приступилося до фінансування експериментальних проектів по використанню фотографій з водійських посвідчень у базах даних систем біометричної ідентифікації.

Недоторканність приватного життя

Одна з потенційних погроз полягає в тому факті, що розпізнавання по рисунку особи в сполученні з усе більше широким застосуванням відеоспостереження згодом буде проникати в усі нові й нові області. Після установки подібного роду систем спостереження їхнє застосування рідко обмежується цілями, для яких вони були призначені споконвічно. Виникають всі нові способи їхнього використання, а організації й оператори таких систем часто не можуть устояти від спокуси розширити з їхньою допомогою свою владу й вплив, наносячи тим самим ще один удар по правах громадян. В остаточному підсумку, погроза полягає в тому, що широко застосовуване відеоспостереження змінить характер, сприйняття і якість повсякденного життя громадян.

Іншою погрозою є можливість зловживання. Застосування ідентифікації за особою в місцях суспільного користування, таких як аеропорти, залежить від широкого впровадження відеомоніторингу – проникаючої форми спостереження, за допомогою якої особистий і приватний характер поведінки може реєструватися графічними засобами. Досвід показує, що відеоспостереженням будуть зловживати. Системи відеокамер управляються звичайними людьми, які привносять на місце своєї роботи всі свої наявні упередження й упередженість. Наприклад, у Великобританії, де дуже широко використовуються камери відеоспостереження в публічних місцях, було виявлено, що оператори невинувато зосереджують увагу на темношкірих, оператори-чоловіка часто схильні "підглядати" за жінками.

Хоча поліцейське відеоспостереження не так широко поширене в США, розслідування, проведене газетою Detroit Free Press показало, які види зловживань можуть мати місце. Перевіряючи, як використовувалася база даних, доступна правоохоронним органам Мічигану, журналісти газети виявили, що поліцейські застосовували її для того, щоб допомогти своїм друзям або навіть колегам по роботі стежити за жінками, загрожувати водіям, відслідковувати подружжя, що живуть окремо, і навіть залякувати політичних опонентів. Неминуча істина полягає в тім, що чим більше людей мають доступ до бази даних, тим більше ймовірність, що цією базою даних будуть зловживати.

Розпізнавання за особою особливо піддано зловживанням, тому що дана технологія може використовуватися пасивним образом, тобто для її застосування не потрібне згода або участь суб'єкта, за яким ведеться спостереження. Камеру можливо встановити в будь-якому місці й "натренувати" її на людей. Сучасні телекамери легко забезпечують перегляд осіб з

відстані більше 90 м. Люди поведуться по-іншому, якщо знають, що за ними спостерігають, і мають право знати про те, що їхні рухи і їхнє поводження відслідковуються.

Висновки. У статті наведені теоретичне узагальнення й рішення наукового завдання дослідження методів інтелектуального розпізнавання з використанням особливих точок. Рішення даного завдання полягало у вирішенні наступних задач:

- Був проведений огляд існуючих систем інтелектуального розпізнавання з використанням особливих точок.
- Досліджена система інтелектуального розпізнавання з використанням особливих точок.
- На основі отриманих результатів досліджень створена програмна реалізація системи інтелектуального розпізнавання з використанням особливих точок.

Розроблені алгоритми дозволяють успішно вирішувати завдання інтелектуального розпізнавання з використанням особливих точок. Проведено аналіз предметної галузі в ході якого були виявлені об'єкти, взаємодія яких носить істотний характер для функціональної діяльності предметної галузі, і їхні основні характеристики; побудована алгоритм і вибраний середовище розробки.

Список літератури

1. Kuznetsov O., Frontoni E., Kuznetsova Y., Chevardin V., Smirnov O. «Architectural foundations for adaptive security in edge computing systems». *Cybersecurity Defensive Walls in Edge Computing*, 2025. pp. 21-61.
2. Вінтенко, Б.Ю., Миронець, І.В., Смірнов, О.А., Коваленко, О.В., Усік, П.С., Буравченко, К.О., Лисенко, І.А. «Логіко-структурна модель комп'ютерно-орієнтованої процедури системи підтримки оперативного персоналу АЕС». *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*. 2025. Том 2 № 30. С. 413-427, 2025.
3. Смірнова, Т.В. «Дослідження методів, моделей та сучасних ІТ-рішень для підтримки технологічних процесів у критичній інфраструктурі держави». *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*. 2025. Том 2 № 30. С.195-208, 2025.
4. Усік, П.С., Смірнова, Т.В., Буравченко, К.О., Смірнов, О.А., Улічев, О.С., Смірнов, С.А. «Дослідження технологій забезпечення кібербезпеки банківських систем з використанням штучного інтелекту». *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*. 2025. Том 1 № 29. С.704–716, 2025
5. Kuznetsov, O., Frontoni, E., Kuznetsova, K., Arnesano, M., Smirnov, O. «A secure biometric authentication architecture for blockchain-driven cyber-physical systems». *Security and Privacy of Cyber Physical Systems Emerging Trends Technologies and Applications*, 2025, pp. 193–224.
6. Kuznetsov, O., Smirnov, O., Akhmetov, B., Alimseitova, Z., Imoize, A.L. «Deep Learning Frontiers in Copy-Move Forgery Detection: Advances, Challenges, and Future Directions». *Advancements in Cybersecurity Next Generation Systems and Applications*, 2025. 202-229.
7. Вінтенко Б., Смірнов О., Миронець І., Смірнова Т., Смірнов С. «Імітаційна модель шляхів вхідних даних комп'ютерної інтелектуальної системи підтримки оператора енергоблоку АЕС». *Комбінаторні конфігурації та їхні застосування: Матеріали XXVII Міжнародного науково-практичного семінару, присвяченого 125-річчю Національного університету «Запорізька політехніка» (Запоріжжя-Кропивницький-Київ, 4-6 червня 2025 р.)*. Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2025. С.82-91.
8. Al-Azzeh, J., Ayyoub, B., Mesleh, A., Smirnova, T., Gnatyuk, S., Driciev, O., Smirnov, O., Dorenskiy, O. «Cloud-Based Information System for Evaluating Caverns in the Process of Blasting Metal Surfaces of Details». *International Review on Modelling and Simulations* 18 (1), 2025. pp. 32-42.
9. Вінтенко Б.Ю., Смірнов О.А., Миронець І.В., Смірнова Т.В., Коваленко О.В., Мацуї А.М. «Модель шляхів отримання вхідних даних комп'ютерної інтелектуальної системи підтримки оперативного персоналу АЕС». *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2025. Вип. 11(42), ч. II. С.52-62.
10. Вінтенко Б.Ю., Смірнов О.А., Миронець І.В., Смірнова Т.В. «Методи забезпечення відмовостійкості інтелектуальних систем підтримки оператора». *VIII міжнародна науково-практична конференція «Інформаційна безпека та комп'ютерні технології»*, м. Кропивницький. 24-25 квітня 2025 р. – Кропивницький: ЦНТУ. – 2025. – С. 44-46.
11. Смірнов, О.А., Константинова, Л.В., Коноплицька-Слободенюк, О.К., Козірова, Н.В., Якименко, Н.М., Доренський, О.П., Буравченко, К.О. «Дослідження інструментів штучного інтелекту для роботи з базами даних та аналізу даних». *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*. 2025. №3(27), С. 429–448.
12. Lakhno, V., Malyukov, V., Smirnov, O., Bebesko, B., Chubaievskiy, V., Zhumadilova, M., Malyukova, I., Smirnov, S. «Multifactorial Model for Targeted Attacks Counteracting Within the Framework of a Multi-Step Quality Game with Fuzzy Information». *8th International Symposium on Intelligent Informatics, ISI 2023*, 2025. vol 389. pp 377-389. Springer, Singapore.
13. Smirnov O., Fedorov E., Neskorodieva A., Neskorodieva T. «Intellectual Classification method of Gymnastic

- Elements Based on Combinations of Descriptive and Generative Approache». CEUR Workshop Proceedings Volume 3664, 2024, Pages 11-23.
14. Kuznetsov, O., Kryvinska, N., Ilchenko, O., Smirnova, T., Ulianovska, Y. «Comparative Analysis of Cryptocurrency Trading Platforms Using the Analytic Hierarchy Process». CEUR Workshop Proceedings, 2023, 3628, pp. 106-115.
 15. Malyukov V., Bebesko B., Lakhno V., Smirnov O., Malyukova I., Mohylnyi H. «Managing the Purchase-Sale Process of Digital Currencies Under Fuzzy Conditions». Lecture Notes in Networks and Systems, 2023, 729 LNNS, pp. 104–112.
 16. Al-Mudhafar Aqeel, A.M., Smirnova, T., Buravchenko, K., Smirnov, O. «The method of assessing and improving the user experience of subscribers in software-configured networks based on the use of machine learning». Advanced Information Systems, 2023, 7(2), pp. 49-56.
 17. Smirnov, O., Sydorenko, V., Aleksander, M., Zhyharevych, O., Yenchov, S. «Simulation of the cloud IoT-based monitoring system for critical infrastructures». CEUR Workshop Proceedings, Volume 3530, 2023, pp. 256-265.
 18. Аль-Мудхафар Акіл Абдулхуссейн М., Смірнова Т.В., Буравченко К.О., Смірнов О.А. «Метод оцінки та підвищення користувальницького досвіду абонентів в програмно-конфігурованих мережах на основі використання машинного навчання». Сучасні інформаційні системи, 2023, том 7, № 2, С. 49-56.
 19. Smirnov, O., Karapetyan, A., Fedorov, E., «Creating Neural Network and Single Solution Human-Based Metaheuristic Methods of Solving the Traveling Salesman Problem». CEUR Workshop Proceedings, Volume 3312, 2022, pp. 47-58.
 20. Smirnov, O., Neskorodieva, T., Fedorov, E., Rudakov, K., Neskorodieva, A. «Method Detection Audit Data Anomalies on Basis Restricted Cauchy Machine» CEUR Workshop Proceedings, Volume 3187, 2022, pp. 1-12.
 21. Smirnov O., Smirnova T., Anas M. Al-Oraiqat, Drieiev O., Polishchuk L., Sheroz Khan, Yassin M. Y. Hasan, Aladdein M. Amro, Hazim S. AlRawashdeh «Method for Determining Treated Metal Surface Quality Using Computer Vision Technology». Sensors (Basel, Switzerland) Volume 22, Issue 16, 6223, 2022.
 22. Smirnov, O., Lakhno, V., Akhmetov, B., Chubaievskiy, V., Khorolska, K., Bebesko, B. «Selection of a Rational Composition of Information Protection Means Using a Genetic Algorithm». In: Rajakumar, G., Du, K.L., Vuppapapati, C., Beligiannis, G.N. (eds) Intelligent Communication Technologies and Virtual Mobile Networks. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, vol 131. 2023. Springer, Singapore. pp. 21-34.
 23. Kuznetsov, A., Oleshko, I., Chernov, K., Bagmut, M., Smirnova, T. «Biometric authentication using convolutional neural networks». Lecture Notes in Networks and Systems. Volume 152, 2021, Pages 85-98.
 24. Smirnov O., Kuznetsov A., Kryvinska N., Kiian A., Kuznetsova K. «Full Non-Binary Constant-Weight Codes». SN Computer Science, Vol 2, 337, 2021. <https://doi.org/10.1007/s42979-021-00739-w>.
 25. Smirnov O., Neskorodieva T., Fedorov E., Rymar P. «Neural Network Modeling Method of Transformations Data of Audit Production with Returnable Waste». CEUR Workshop Proceedings Volume 3101, 2021, Pages 192-207.
 26. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Potii, O., Poluyanenko, N., Stelnyk, I., Mialkovsky, D. «Combining and filtering functions in the framework of nonlinear-feedback shift register». International Journal of Computing; 2020, Volume 19, Issue 2 – Research Institute for Intelligent Computer Systems – 2020. – P. 247-256.
 27. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiian A., Kuznetsova T. «Non-binary constant weight coding technique». CEUR Workshop Proceedings. Volume 2740, 2020, Pages 102-114.
 28. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiian A., Cherep A., Kanabekova M., Chepurko I. «Testing of code-based pseudorandom number generators for post-quantum application». 2020 IEEE 11th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT), Ukraine, Kyiv, May 14-18. 2020. P. 172-177.
 29. Smirnov O., Kuznetsov A., Pushkar'ov A., Serhiienko R., Babenko V., Kuznetsova T., «Representation of Cascade Codes in the Frequency Domain». In: Radivilova T., Ageyev D., Kryvinska N. (eds) Data-Centric Business and Applications. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, vol 48. Springer, Cham. 2021. pp 557-587.
 30. Smirnov, O., Drieieva, H., Drieiev, O., Polishchuk, Y., Brzhanov, R., Aleksander, M. «Method of fractal traffic generation by a model of generator on the graph». CEUR Workshop Proceedings Volume 2616, 2020, Pages 366-379.
 31. Smirnov, O., Drieieva, H., Drieiev, O., Simakhin, V., Bondar, S., Odarchenko, R. «Managing multifractal properties of the binary sequence generated with the Markov chains», CEUR Workshop Proceedings Volume 2608, 2020, Pages 633-645.
 32. Smirnov O. Kuznetsov A., Zaichenko Yu., Pastukhov M., Oleshko O., Kuznetsova K., «Formation of Discrete Signals with Special Correlation Properties». International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics, UkrMiCo 2019; Odessa; Ukraine; 9-13 September 2019. P.22-28.