

УДК 004

Б.Буреико, магістр гр. КН-23Мз

Центральноукраїнський національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ ДЛЯ ІМІТАЦІЇ ДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДИНИ

У статті розроблено програмне забезпечення, яке призначено для системи автоматичного прийняття рішення для імітації діяльності людини. Метою розробки є дослідження та програмна реалізація системи автоматичного прийняття рішення для імітації діяльності людини. Об'єктом дослідження є процес автоматичного прийняття рішення для імітації діяльності людини. Предметом дослідження є методи автоматичного прийняття рішення для імітації діяльності людини. Методи дослідження базуються на методах машинного навчання, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення. Результат роботи – програмна реалізація системи автоматичного прийняття рішення для імітації діяльності людини. В процесі роботи над програмною моделлю виконано аналіз існуючих апаратних та програмних засобів. В повній мірі описані всі компоненти розробленого програмного забезпечення.

Постановка проблеми. Система автоматичного прийняття рішення для імітації діяльності людини (САПІДЛ) призначена для профілювання, яке аналізує аспекти особистості, поведінки, інтересів і звичок людини, щоб робити прогнози або приймати рішення щодо них. Організації отримують особисту інформацію про людей із різних джерел. Дані про пошук в Інтернеті, купівельні звички, спосіб життя та поведінку, зібрані з мобільних телефонів, соціальних мереж, систем відеоспостереження та Інтернету речей, є прикладами типів даних, які організації можуть збирати. Вони аналізують цю інформацію, щоб класифікувати людей на різні групи чи сектори. Цей аналіз визначає кореляції між різними поведінками та характеристиками для створення профілів для окремих осіб. У цьому профілі будуть нові особисті дані про цю особу.

Організації використовують профілювання, щоб:

- дізнатися щось про індивідуальні переваги;
- прогнозувати їхню поведінку; та/або
- приймати рішення щодо них.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При аналізі останніх досліджень і публікацій [1-10] було виявлено певні прогалини у забезпеченні системи автоматичного прийняття рішення для імітації діяльності людини.

Мета й завдання дослідження. Метою роботи є дослідження та програмна реалізація системи з використанням Bluetooth 5.

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

- Огляд існуючих систем з використанням Bluetooth 5.
- Дослідження системи з використанням Bluetooth 5.
- Програмна реалізація системи з використанням Bluetooth 5.

Об'єктом дослідження є процес з використанням Bluetooth 5.

Предметом дослідження є методи з використанням Bluetooth 5.

Методи дослідження базуються на методах Інтернету речей, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення.

Виклад основного матеріалу. Прийняття рішень людиною в циклі (САПІДЛ) поєднує досвід людини з алгоритмами ШІ для покращення результатів. САПІДЛ має застосування в різних областях, таких як охорона здоров'я, кібербезпека, фінанси тощо.

Оскільки підприємства продовжують використовувати штучний інтелект (ШІ) для автоматизації процесів прийняття рішень, все більш важливо враховувати роль людського впливу в цих системах.

Прийняття рішень людиною в циклі (САПІДЛ) безпосередньо включає людський внесок і керівництво в системах прийняття рішень ШІ для підвищення їх точності, прозорості та етичних основ.

Хоча проекти САПІДЛ можна знайти як у процесі прийняття рішень за допомогою штучного інтелекту, так і в машинному навчанні, ця стаття зосереджується на першому застосуванні – досліджуючи, що таке САПІДЛ, як він працює та його переваги перед іншими системами на основі штучного інтелекту без САПІДЛ.

Що таке прийняття рішень людиною в циклі (САПІДЛ)?

Прийняття рішень людиною в циклі передбачає роботу людини, яка приймає рішення, у тандемі з алгоритмами ШІ для покращення результатів прийняття рішень. У системах САПІДЛ система штучного інтелекту надає рекомендації або прогнози, які особа, яка приймає рішення, оцінює та схвалює або відхиляє.

Прийняття рішень САПІДЛ використовується в широкому діапазоні застосувань – як обговорюватиметься нижче, від діагностики охорони здоров'я до програмного забезпечення для прийняття рішень.

Як працює людина в петлі?

Системи «людина в циклі» зазвичай включають алгоритм, навчений розпізнавати закономірності в даних і отримувати результат, а також людину, яка приймає рішення, яка працює разом із системою ШІ (на відміну від повністю автоматизованої системи).

Спочатку штучному інтелекту надається вхідна інформація, наприклад дані або текстова підказка, і він приймає попереднє рішення. Потім особа, яка приймає рішення, може виправити або скоригувати рекомендації штучного інтелекту на основі свого досвіду, знань і розуміння контексту.

Цей змішаний підхід до прийняття рішень забезпечує більшу ефективність у процесі прийняття рішень, ніж це дозволило б повністю прийняте рішення людиною, одночасно досягаючи вищої точності та більш бажаних результатів, ніж повністю автоматизований процес прийняття рішень.

Переваги систем САПІДЛ

Система САПІДЛ має кілька важливих переваг перед іншими підходами до прийняття рішень ШІ.

По-перше, оскільки результати штучного інтелекту іноді можуть бути неточними або безглуздими, дотримання підходу САПІДЛ може підвищити точність шляхом включення в процес людського судження.

По-друге, людська участь підвищує прозорість щодо того, як приймаються рішення, і підвищує довіру до процесу прийняття рішень.

По-третє, САПІДЛ може забезпечити врахування етичних і моральних міркувань під час прийняття рішень шляхом врахування людського судження.

Загалом система штучного інтелекту дає кращі рекомендації, оскільки вона вчиться на відгуках людей, які вона отримує з часом, і людина, яка приймає рішення, стає більш ефективною, коли вона навчається працювати з системою штучного інтелекту.

Приклади систем прийняття рішень штучним інтелектом за допомогою людини в циклі

Системи людини в циклі (САПІДЛ) використовуються для прийняття рішень у різних областях і програмах. Ось п'ять випадків використання систем САПІДЛ.

Медична діагностика

Системи САПДЛ допомагають у медичній діагностиці, аналізуючи дані пацієнтів, такі як медичні записи, результати тестів і сканування зображень. Автоматизовані системи можуть надавати попередні діагнози або рекомендації, які потім перевіряються та затверджуються медичними працівниками перед прийняттям остаточного рішення щодо лікування.

Кібербезпека

Системи САПДЛ відіграють вирішальну роль у кібербезпеці, відстежуючи мережевий трафік, виявляючи аномалії та потенційні порушення безпеки. Автоматизовані системи генерують сповіщення або попередження, які переглядаються аналітиками, які розслідують і реагують на інциденти безпеки.

Оцінка ризиків і виявлення шахрайства

Системи САПДЛ використовуються у фінансових установах для оцінки ризиків, виявлення шахрайства та прийняття рішень щодо транзакцій. Автоматизовані системи аналізують великі обсяги даних і позначають підозрілі транзакції, які потім переглядаються експертами для остаточного затвердження або подальшого розслідування.

Підтримка клієнтів

Системи САПДЛ використовуються в налаштуваннях підтримки клієнтів, таких як чат-боти або віртуальні помічники. Автоматизовані системи обробляють звичайні запити або надають початкові відповіді, а коли виникають складні або спеціалізовані запити, люди беруть на себе роботу, щоб забезпечити точну та персоналізовану допомогу.

Програмне забезпечення для прийняття рішень

Програмне забезпечення для прийняття рішень і дослідження вподобань використовує систему САПДЛ для допомоги в створенні моделі. Помічник ШІ пропонує критерії та приклади альтернатив на основі підказки користувача: наприклад, «еспресо-машини для офісу». Користувач переглядає та змінює пропозиції штучного інтелекту, а потім відповідає на кілька простих запитань, щоб виявити та застосувати свої переваги, в результаті чого альтернативи ранжуються.

Прискорить процес прийняття рішень сьогодні

Прийняття рішень САПДЛ може надати підприємствам потужний інструмент для більшої точності, прозорості та більш етичних рішень.

Якщо ви зацікавлені у використанні системи САПДЛ AI, подумайте про підхід до прийняття рішень САПДЛ, який поєднує людський досвід із алгоритмами AI для прийняття більш ефективних та обґрунтованих рішень.

Розробка структурної схеми

Зі збільшенням використання інструментів автоматизації в державному секторі політики, урядовці та адміністратори повинні розуміти, як автоматизація впливає на контекст прийняття рішень. Незважаючи на те, що нагляд з боку людини зазвичай сприяють як запобіжний захід, експерти застерігають від хибного відчуття безпеки, яке обіцяє нагляд з боку людини, оскільки ризик, який представляє САПДЛ, лежить поза межами розсуду працівників на першому місці.

На даний момент регулювання відображає поверхневе розуміння взаємодії людини і машини. Тому, щоб ефективно мінімізувати шкоду від упередженості та дискримінації під час прийняття рішень, будь то з боку людей чи алгоритмів, політики повинні спочатку зрозуміти ризики та складності, пов'язані з використанням САПДЛ, і те, як людський контроль може відігравати значущу роль.

Ця аналітична записка має на меті поінформувати аудиторію про складнощі, що стоять за людським наглядом, у його визначенні, регулюванні та практиці. З огляду на те, що існує багато дискусій щодо того, як має регулюватися взаємодія людських алгоритмів, і чи достатньо нагляду з боку людини, який вимагається зараз, щоб пом'якшити шкоду алгоритму, цей аналітичний запис сприяє обговоренню як регулювання, так і сфери вивчення

взаємодії людини з комп'ютером, намагаючись запропонувати рекомендації, які можуть допомогти створити значущу участь людини.

Політики та компанії, які прагнуть знайти «регуляторне виправлення» шкідливого використання технологій, повинні визнати та взяти участь у обмеженнях людського нагляду, а не представляти участь людини – навіть «значущу» участь людини – як протитруту від алгоритмічної шкоди. Це вимагає відходу від абстрактного розуміння як машини, так і людини окремо, і натомість розгляду точної природи взаємодії людини з алгоритмом.

Щоб зрозуміти складний контекст прийняття рішень, науковці підкреслюють важливість розгляду багатьох рівнів, які охоплюють використання автоматизованих інструментів прийняття рішень.

Загалом, термін «нагляд» використовується в державній політиці на різних рівнях, маючи на увазі інституційну прозорість, публічну підзвітність або агентство над результатами. Поточне та запропоноване регулювання не допомагає визначити такі дифузні наслідки. У контексті цього аналітичного запису ми пропонуємо таке визначення: людський нагляд в основному називається агенцією, яку людина-оператор або керівник системи (на основі алгоритму) може використовувати для пом'якшення будь-якої шкоди або несправності, спричиненої системою.

Щоб зрозуміти складний контекст прийняття рішень, науковці підкреслюють важливість розгляду багатьох рівнів, які охоплюють використання автоматизованих інструментів прийняття рішень. Щоб зрозуміти цю складність, необхідно вивчити те, як люди поведуться та взаємодіють з машинами, і, крім того, визнати організаційне, правове та соціокультурне середовище.

У цьому контексті слід враховувати людські фактори, такі як робоче навантаження людини-оператора, її мотивація, впевненість і довіра до автоматизованого інструменту. Хоча, з іншого боку, також слід враховувати продуктивність самої системи, яка може варіюватися від її прозорості, ефективності як інструменту тощо (Ananny and Crawford 2018; Kemper and Kolkman 2019; Zhang et al. 2020; Lee і див. 2004).

З точки зору регулювання, значущим недоглядом є випадки, коли оператори здійснюють свої повноваження, усвідомлюючи упередженість або обмеження системи (і свої власні). Це означало б, що люди-оператори здатні запобігти шкоді, якщо вони зможуть зрозуміти, коли алгоритм помиляється, зрозуміти, чому алгоритм прийняв рішення та врахувати потенційні упередження системи. Тому, теоретично, для того, щоб нагляд з боку людини був ефективним, проект системи також повинен враховувати обмеження та упередження людей-операторів. На рисунку 1 представлена структурна схема системи у вигляді узагальненої структури й компонентів інтелектуальної системи автоматизованого ухвалення рішення для імітації діяльності людини, а також її оточення.



Рисунок 1 – Структурна схема системи

Алгоритми увійшли в наше життя вже досить давно, і недавній швидкий розвиток Generative Artificial Intelligence (GenAI) і великих мовних моделей викликав ентузіазм і великі очікування, а також занепокоєння. Однією з важливих сфер застосування штучного інтелекту (AI) і машинного навчання (ML) є алгоритмічна підтримка прийняття рішень (САПІДЛ), призначена для підтримки осіб, які приймають рішення, або навіть для заміни їх у деяких процесах. Організації можуть розгорнути ці системи, як і попередні типи підтримки прийняття рішень, для підвищення ефективності прийняття рішень (Clark Jr., Jones, & Armstrong, 2007). Їх розробка та інтеграція в діяльність організації вимагають значних ресурсів, що є виправданим, лише якщо організація очікує явних переваг від використання системи. Використання алгоритмів для підтримки рішень може означати, що людські упередження, помилки та обмеження перестають впливати на рішення, якщо САПІДЛ є частиною процесу. Проте ця стаття спрямована на те, щоб Meyer продемонструвати, що розробка та розгортання САПІДЛ передбачає прийняття людських рішень у багатьох моментах з усіма його примхами. Спільнота людей, які приймають рішення, відіграє важливу роль у визначенні та вивченні властивостей людських рішень, які мають відношення до САПІДЛ, і в розробці інструментів для обмеження можливих несприятливих наслідків. У документі буде коротко описано використання САПІДЛ та уявлення про його об'єктивність. Потім обговорюватиметься САПІДЛ як діяльність людини та організаційний процес. Потім описуються три типи рішень, пов'язаних з САПІДЛ: рішення про те, чи розробляти САПІДЛ для підтримки процесу, рішення, прийняті під час розробки та розгортання САПІДЛ, і рішення щодо результатів САПІДЛ. Зроблено деякі висновки щодо важливого внеску дослідження поведінкових рішень в успішне використання САПІДЛ.

Деякі досягнення та застереження САПІДЛ

САПІДЛ вивчали в різних контекстах. Наприклад, у правовому контексті алгоритми можуть підтримувати рішення про звільнення під заставу з можливим значним зниженням рівня злочинності або ув'язнення (Kleinberg, Lakkaraju, Leskovec, Ludwig, & Mullainathan, 2018). Так само САПІДЛ може допомогти прийняти рішення щодо добробуту дітей (Saxena, Badillo-Urquiola, Wisniewski, & Guha, 2020). Спостерігається тенденція до «персоналізованої доказової медицини», яка базується на аналізі електронних медичних записів за допомогою алгоритмічних інструментів (Kent, Steyerberg, & van Klaveren, 2018). Аналіз на основі штучного інтелекту може сприяти прийняттю кращих медичних діагностичних або терапевтичних рішень (Puaschunder, Mantl, & Plank, 2020), таких як рання діагностика раку молочної залози (McKinney et al., 2020). Навіть якщо штучний інтелект не покращує діагностичні рішення, він може знизити робоче навантаження клініциста, який аналізує, наприклад, мамограф (Lång et al., 2023). У деяких сферах, наприклад на фінансових ринках, алгоритмічні консультанти надають очевидні переваги (Tao, Su, Xiao, Dai, & Khalid, 2021), і вони є основою для інвестиційних рішень у високочастотній алгоритмічній торгівлі (Virgilio, 2019). Прийняття рішень людьми у багатьох випадках відрізняється від приписів нормативної теорії прийняття рішень (Такемура, 2021). Навпаки, алгоритмічну підтримку прийняття рішень можна розглядати як математичний, систематичний спосіб Мейєра для прийняття рішень, що усуває людські помилки. Таким чином, він продовжує традицію пошуку методів створення об'єктивних, раціональних процесів прийняття рішень, які ведуть до кращих рішень. Уже в 1960-х роках було багато оптимізму щодо потенціалу використання дослідження операцій і науки управління для прийняття рішень науковими методами, можливо, замінивши людей, які приймають рішення, та їхні обмеження (Dando & Bennett, 1981). Криза 1980-х років послідувала за цим ентузіазмом, коли практики виявляли зменшення інтересу до математичних методів (Ackoff, 1987; Corbett & Van Wassenhove, 1993). Подібним чином на початку розвитку науки про дані існував оптимізм, що наука про дані може замінити наукові теорії (Anderson, 2008), а великі дані вважалися такими, що, можливо, призведуть до «революції в управлінні» (McAfee & Brynjolfsson, 2012). Тим часом цей оптимізм дещо послабшав, частково через усвідомлення того, що разом із потенційними перевагами САПІДЛ існують також різні етичні, правові та соціальні проблеми (Čartolovni,

Tomičić, & Lazić Mosler, 2022), частково пов'язані з до можливих упереджень через вибір даних або алгоритмічних процесів (Beil, Proft, van Heerden, Svirgi та van Heerden, 2019). Крім того, запровадження САПДЛ може негативно вплинути на систему та створити такі явища, як «миттєві збої» або подібні аномалії на фінансових ринках (Min & Borch, 2022). Слід чітко уникати «зарозумілості великих даних», переконання, що великі дані можуть замінити традиційні аналітичні методи (Lazer, Kennedy, King, & Vespignani, 2014). Проте, незважаючи на зростаюче усвідомлення можливих обмежень, САПДЛ на основі ШІ розробляються для промисловості та бізнесу (Gupta, Modgil, Bhattacharyya, & Bose, 2021), медицини (Antoniadi та ін., 2021), державного сектора (Kuziemska & Misuraca, 2020) та інші сфери.

САПДЛ як людська діяльність

САПДЛ може здатися механічним процесом, у якому дані подаються в машину (алгоритм), що забезпечує обов'язково правильний результат, якому можна довіряти, оскільки він базується на математиці. Однак більш уважний погляд на САПДЛ показує, що для цього потрібна послідовність тісно переплєтених людських дій, які пов'язані з трьома аспектами процесу – рішенням про те, чи використовувати штучний інтелект для прийняття рішення Мейєра, процесом генерування результатів ШІ та рішенням про те, як використовувати результат для певної мети (див. рис. 1). Три аспекти розробки та використання САПДЛ не є роздільними. Наприклад, плани щодо використання вихідних даних САПДЛ будуть частиною обговорення того, чи розробляти САПДЛ для конкретного рішення. Подібним чином, якість результату штучного інтелекту, яка може залежати від процесу, використаного для його створення, буде важливою при виборі способу його використання. Поки що нам все ще бракує розуміння цих видів діяльності та їх детермінант, хоча є усвідомлення того, що вони можуть бути піддані різним упередженням (Arnott, 2006; Richardson, 2022). Далі я коротко обговорю три аспекти, стверджуючи, що процес, який веде до САПДЛ, є важливою темою для дослідження прийняття поведінкових рішень. Результати цього дослідження можуть стати цінним внеском для розробників САПДЛ, організацій, які його використовують, і громадськості, яка обслуговується або відчуває результати підтримуваних процесів прийняття рішень. Рисунок 1: Три аспекти розробки алгоритмічної підтримки прийняття рішень – чи варто це робити, як це робити та що з цим робити. Для яких рішень? За допомогою якого процесу? Як використовувати результати?

САПДЛ як організаційний процес

Велика кількість досліджень штучного інтелекту на основі даних і ML може приховати той факт, що впровадження САПДЛ і включення його в операційну діяльність організації вимагає постійних інвестицій значних ресурсів. Розгортання САПДЛ є результатом систематичного процесу, в якому була визначена підтримка Meyer, реалізовано її технічні аспекти, вони протестовані, налаштовані параметри, і, зрештою, її було запущено в певному організаційному середовищі. Поки він використовується, хтось обслуговує його, платить за нього та може (або повинен) постійно його оцінювати, оновлюючи, коли це необхідно або коли з'являються можливості. Таким чином, розгортання системи САПДЛ передують та супроводжуються низкою організаційних рішень, які визначають специфікацію та дизайн системи, обчислення, необхідні для створення її результату, і використання результату для фактичних рішень. Весь процес залежить від різноманітних організаційних факторів, а також людських рішень і участі (Golightly, Kefalidou, & Sharples, 2018). Впровадження САПДЛ в організації – це не просто технічне питання. Натомість це може вимагати культурних змін в організації (Fountaine, McCarthy, & Saleh, 2019). Це створює серйозні проблеми для менеджменту, якому необхідно впоратися зі швидкозмінними можливостями алгоритмів, а також з вимогами та обмеженнями, які виникають, коли ШІ впроваджується в організаційні процеси (Berente, Gu, Recker, & Santhanam, 2021). Швидкий розвиток штучного інтелекту та машинного навчання та реалізація їх можливого застосування для підтримки прийняття рішень призвели до значного збільшення відповідних досліджень. Наприклад, кількість публікацій із «Підтримкою прийняття рішень» у будь-якій галузі в Clarivate Web of Science подвоїлася з 24 063 у 2014 році до 48 684 у 2021 році. Однак

існує порівняно небагато досліджень фактичного впровадження підтримки прийняття рішень в організаціях. В одному огляді лікарняних комп'ютеризованих систем підтримки прийняття рішень виявлено 1836 документів, які стосувалися цієї теми між 2010 і 2021 роками. Лише 9 стосувалися витрат на впровадження такої системи (Donovan, Abell, Fernando, McPhail, & Carter, 2023). Дійсно, незважаючи на велику кількість досліджень щодо САПДЛ, досліджень щодо фактичного впровадження підтримки прийняття рішень на основі машинного навчання в клінічних умовах (або інших сферах) все ще мало (Susanto, Lyell, Widyantoro, Berkovsky, & Magrabi, 2023). Подібним чином огляд економічного впливу систем підтримки прийняття рішень у лікарнях виявив, що з 3113 потенційно релевантних статей, опублікованих між 2010 і 2023 роками, лише 29 стосувалися економічних наслідків використання такої системи (White et al., Meyer 7 2023). Крім того, практиками прийнято підтримку прийняття рішень не є універсальним, і навіть якщо система була розроблена та розгорнута, вона може не використовуватися. Огляд досліджень щодо використання підтримки прийняття рішень у клінічних умовах показав середнє застосування лише в 34,2% випадків, де можна було використовувати систему (Kouri, Yamada, Lam Shin Cheung, Van de Velde та Gupta, 2022). Для більшості заходів фахівці-практики вирішили не використовувати підтримку прийняття рішень. Ці дослідження показують, що ми знаємо відносно мало про умови успішного використання САПДЛ в організаціях.

Висновки. У статті наведені теоретичне узагальнення й рішення наукового завдання дослідження методів автоматичного прийняття рішення для імітації діяльності людини.

Рішення даного завдання полягало у вирішенні наступних задач:

- Був проведений огляд існуючих систем автоматичного прийняття рішення для імітації діяльності людини.
- Досліджена система автоматичного прийняття рішення для імітації діяльності людини.
- На основі отриманих результатів досліджень створена програмна реалізація системи автоматичного прийняття рішення для імітації діяльності людини.

Розроблені під час виконання випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти алгоритми дозволяють успішно вирішувати завдання автоматичного прийняття рішення для імітації діяльності людини. 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. Smirnov O., Fedorov E., Neskorođieva A., Neskorođieva T. «Intellectual Classification method of Gymnastic Elements Based on Combinations of Descriptive and Generative Approache». CEUR Workshop Proceedings Volume 3664, 2024, Pages 11-23.
2. 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.
3. 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.
4. Smirnov, O., Sydorenko, V., Aleksander, M., Zhyharevych, O., Yenchey, S. «Simulation of the cloud IoT-based monitoring system for critical infrastructures». CEUR Workshop Proceedings, Volume 3530, 2023, pp. 256-265.
5. 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.
6. Smirnov, O., Neskorođieva, T., Fedorov, E., Rudakov, K., Neskorođieva, A. «Method Detection Audit Data Anomalies on Basis Restricted Cauchy Machine» CEUR Workshop Proceedings, Volume 3187, 2022, pp. 1-12.
7. Smirnov O., Smirnova T., Anas M. Al-Oraiqat, Drieiev O., Polishchuk L., Sheraz 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.

8. Smirnov, O., Lakhno, V., Akhmetov, B., Chubaievskiy, V., Khorolska, K., Bebashko, 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.
9. 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.
10. 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>.
11. 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.
12. 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.
13. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiian A., Kuznetsova T. «Non-binary constant weight coding technique». CEUR Workshop Proceedings. Volume 2740, 2020, Pages 102-114.
14. 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.
15. 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.
16. 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.
17. 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.
18. 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.
19. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kolovanova, I., Kuznetsova, T., «Noise immunity of the algebraic geometric codes». International Journal of Computing; 2019, Volume 18, Issue 4 – Research Institute for Intelligent Computer Systems – 2019. – P. 393-407.
20. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Reshetniak, O., Ivko, N., Katkova, T., Kuznetsova, T., «Generators of Pseudorandom Sequence with Multilevel Function of Correlation». 2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T), Kyiv, Ukraine, 8 – 11 October 2019 . P.517-522.
21. Smirnov, O., Ulichev, O., Meleshko, Y., Khokh, V., Goncharenko, I. «Method of Choosing Objects for Informational Influence in Social Networks during Information Campaign Based on the Analytic Hierarchy Process». CEUR Workshop Proceedings, Vol 2588, P. 215-227, 2019.
22. Smirnov, O., Krasnobayev, V., Yanko, A., Kuznetsova, T. «Methods of nulling numbers in the system of residual classes». CEUR Workshop Proceedings, Vol 2588, P. 90-106, 2019.
23. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kovalchuk, D., Averchev, A., Pastukhov, M., Kuznetsova, K., «Formation of Pseudorandom Sequences with Special Correlation Properties», 2019 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies, AICT -2019/ Lviv, Ukraine, 2-6 July, 2019, P. 395-399.