

УДК 004

О.Іванченко, магістр гр. КН-22М-2

Центральноукраїнський національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ

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

Постановка проблеми. Дослідження систем підтримки прийняття рішень (СППР) проводилися протягом більше 35 років, і такі системи виявилися корисними для підтримки напівструктурованих і неструктурованих проблем [1]. Основна мета СППР полягає в тому, щоб надати користувачам інструменти, які покращують процес прийняття рішень, що призводить до більш обґрунтованих рішень [1]. Однак, незважаючи на зростання розвитку СППР, розширення широти використання було скромним [1]. СППР найбільш широко використовуються в сферах корпоративного функціонального управління, таких як маркетинг і логістика, з обмеженим використанням у некорпоративних сферах, таких як медицина [11]. Хоча були проведені деякі дослідження щодо прийняття СППР у таких сферах, як сільське господарство [17] та маркетинг [10], існує мало досліджень щодо прийняття СППР у сфері медицини, незважаючи на потенціал клінічних СППР забезпечити покращення в таких сферах, як: якість медичної допомоги [13]; профілактика захворювань [15]; лікування захворювання та дозування ліків [19]; лікування хронічних соматичних захворювань [7]; варіації рішень між практиками [11]; та дотримання настанов [16]. Клінічні СППР – це бази знань, які містять можливість робити висновки на основі відомої інформації на основі попереднього досвіду чи знань [16].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При аналізі останніх досліджень і публікацій [1-20] було виявлено певні прогалини у забезпеченні системи підтримки прийняття управлінських рішень.

Мета й завдання дослідження. Метою роботи є дослідження та програмна реалізація системи підтримки прийняття управлінських рішень.

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

- Огляд існуючих систем підтримки прийняття управлінських рішень.
- Дослідження системи підтримки прийняття управлінських рішень.
- Програмна реалізація системи підтримки прийняття управлінських рішень.

Об'єктом дослідження є процес підтримки прийняття управлінських рішень.

Предметом дослідження є методи підтримки прийняття управлінських рішень.

Методи дослідження базуються на методах теорії підтримки прийняття управлінських рішень, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення.

Виклад основного матеріалу. Інтелектуальна система підтримки прийняття рішень (ІСППР). Користувачі також можуть використовувати штучний інтелект (ШІ) у системах підтримки прийняття рішень. Інтелектуальний інтелект, що називається інтелектуальними системами підтримки прийняття рішень (ІСППР), видобуває та обробляє великі обсяги даних, щоб отримати розуміння та надати рекомендації для кращого прийняття рішень. Це робиться шляхом аналізу багатьох джерел даних і виявлення закономірностей, тенденцій і асоціацій, щоб імітувати здатність людини приймати рішення.

У звіті NEDST [11] СППР класифіковано на чотири типи. СППР типу 1 надає інформацію, яка потребує подальшого аналізу, перш ніж користувач зможе прийняти рішення. Тип 2 СППР забезпечує аналіз тенденцій клінічного стану пацієнтів та/або клінічних сповіщень. Тип 3 СППР використовує бази знань і механізми висновків для створення рекомендацій. Нарешті, СППР типу 4 тісно пов'язані з типом 3, але оснащені можливостями автономного навчання, такими як міркування на основі конкретних випадків, нейронні мережі та аналіз дискримінації для більш просунутої підтримки прийняття рішень. Застосовуючи категорії СППР і визначення клінічного СППР, категорії 1 і 2 NEDST [11] не класифікуються як СППР, лише СППР типів 3 і 4 вважаються фактичними СППР. Під час інвентаризації було визначено, що лише п'ять із 35 систем належали до типу 3 або типу 4. Системи типу 1 і 2 більше схожі на системи MIS, які можуть допомогти у прийнятті рішень, але насправді не є типовими СППР. Таким чином, для цього дослідження лише клінічна СППР типу 3 або 4 буде вважатися СППР.

Сфера сприйняття інформаційних технологій (ІТ) користувачами, а не лише у сферах СППР чи охорони здоров'я, породила значні дослідження. Ряд моделей покликані пояснити прийняття та намір використовувати ІТ [18], [11], [15]. Наприклад, теорія розповсюдження інновацій Роджера досліджує зв'язок характеристик інновації (не конкретно ІТ) зі швидкістю її впровадження на рівні організації, а не на індивідуальному рівні; як наслідок, це виявляється дещо обмеженим щодо індивідуального усиновлення [11]. У центрі уваги цього дослідження – індивідуальне прийняття, і, отже, модель, на якій базуватиметься це дослідження, є Єдиною теорією прийняття та використання технологій (UTAUT) [15], яка підтримує цю точку зору. UTAUT базується на восьми моделях прийняття ІТ, включаючи широко досліджену модель прийняття технологій (TAM). UTAUT синтезує ці вісім попередніх моделей на основі їхніх унікальних і значущих елементів [15]. UTAUT містить чотири основні детермінанти наміру та використання: очікувана ефективність, очікувана ефективність, соціальні впливи та сприяючі умови, а також чотири модеруючі змінні: стать, вік, досвід та добровільність використання. UTAUT пояснює до 70% відхилень у поведінкових намірах у порівнянні з 30–40% для конкуруючих моделей [11], [15] і є важливим кроком у дослідженні прийняття [15]. Через свою початкову стадію UTAUT було включено лише в кілька досліджень на сьогодні [8], [12], [14], які знайшли підтримку для більшості конструкцій, а також для загальної моделі.

Хоча дослідження прийнятності технології були проведені для багатьох різних типів систем [10], [15], їх застосування до СППР обмежене. Існуючі дослідження часто використовують TAM [17]. Інші дослідження не містять жодних посилань на конкретну модель прийняття, а розглядають конкретні питання [14], [13]. СППР відрізняються від інших технологій своєю здатністю надавати поради користувачеві, який приймає рішення, і тому необхідно встановити фактори, що впливають на використання СППР. Було стверджено, що поточні моделі прийняття технологій не підходять для більш складних, просунутих технологій, а більше підходять для простіших технологій, таких як електронна пошта та обробка текстів [1]. Багато досліджень із впровадження та прийняття технологій були зосереджені на використанні цих простіших технологій і використовували студентів університетів як суб'єктів. Тому важливо розглядати ці моделі з використанням більш складної технології, застосованої в новому контексті до предметів, відмінних від учнів. Таким чином, у цьому дослідженні розглядатиметься використання СППР у контексті охорони здоров'я з використанням лікарів загальної практики (GP) як суб'єктів.

Комунікаційні та групові СППР

Система підтримки групового прийняття рішень, що керується спілкуванням, використовує різноманітні інструменти спілкування, такі як електронна пошта, обмін миттєвими повідомленнями чи голосовий чат, щоб дозволити кільком особам працювати над одним завданням. Метою цього типу СППР є посилення співпраці між користувачами та системою та підвищення загальної ефективності та результативності системи.

Приклади систем підтримки прийняття рішень

Організації використовують системи підтримки прийняття рішень у кількох різних контекстах, зокрема:

– **GPS-маршрутизація.** Планування маршруту GPS є прикладом типового СППР. Він порівнює різні маршрути, враховуючи такі фактори, як відстань, час у дорозі та вартість. Навігаційна система GPS також дозволяє користувачам вибирати альтернативні маршрути, відображаючи їх на карті та надаючи покрокові інструкції.

– **Інформаційні панелі ERP.** Інформаційні панелі ERP (планування ресурсів підприємства) можуть використовувати систему підтримки прийняття рішень для візуалізації змін у виробничих і бізнес-процесах, моніторингу поточної ефективності бізнесу щодо поставлених цілей і визначення областей для вдосконалення. Інформаційні панелі ERP дозволяють власникам бізнесу переглядати найважливіші цифри та показники своєї компанії.

– **Система підтримки прийняття клінічних рішень.** Система підтримки клінічних рішень (ККСППР) – це програмне забезпечення, яке використовує розширені алгоритми прийняття рішень, щоб допомогти лікарям приймати найкращі медичні рішення. Медичні працівники часто використовують їх для інтерпретації записів пацієнтів і результатів аналізів, а також для розрахунку найкращого плану лікування. ККСППР у сфері охорони здоров'я може допомогти постачальникам визначати аномалії під час певних тестів, а також спостерігати за пацієнтами після певних процедур, щоб визначити, чи є у них будь-які побічні реакції.

Розробка структурної схеми

У сучасній СППР повинні бути реалізовані й перший і другий інструментарій, причому вони повинні бути взаємозалежні. Тобто інструментарій підготовки даних повинен бути реалізований з обліком того, що ці дані, можливо, будуть потім використані інструментарієм вироблення рекомендацій. Об'єднання двох інструментаріїв у рамках однієї системи дає більше зручний спосіб взаємодії користувача зі СППР. У процедурі прийняття рішень менеджер може одночасно використовувати інформацію, отриману різними шляхами: будь то звичайні або більше складні агреговані запити, отримані за допомогою OLAP-засобів, або «нові» знання, отримані в ході застосування методів і технологій ІАД.

OLAP (Online Analytical Processing – оперативна аналітична обробка)

Поряд з іншими засобами аналізу даних під час бурхливого розвитку комп'ютерних засобів з'явилась технологія багатомірного аналізу даних OLAP (Online Analytical Processing – оперативна аналітична обробка).

Всі OLAP-продукти характеризуються загальними принципами побудови [1]:

1. В якості зовнішнього інтерфейсу вони надають керовану динамічну таблицю. На вхід динамічної таблиці подається багатовимірний масив. Масив складається з даних двох типів: вимірювань і фактів. Вимірювання стають колонками і рядками динамічної таблиці. У них відображаються члени вимірювань. На перетині колонок і рядків розміщені факти.

2. Колонки та рядки є основними інструментами управління таблицею. З їх допомогою користувач може маніпулювати вихідними даними: міняти місцями рядки і колонки, встановлювати фільтри з вимірювань, деталізувати інформацію або навпаки узагальнювати її. При цьому проміжні і остаточні підсумки за фактами автоматично перераховуються. Виконання цих операцій забезпечується OLAP-машиною (або машиною OLAP-обчислень). Самі маніпуляції з даними носять назву OLAP-операцій.

3. Ще однією важливою стороною OLAP-аналізу є графічне відображення даних. Графік синхронізований з динамічною таблицею. Після виконання будь-OLAP-операції дані перераховуються, а графік перемальовується.

Інтегровані системи управління підприємством

Елементи автоматизованої підтримки прийняття рішень присутні в інтегрованих системах управління підприємством (ІСУП). Однак для промислових підприємств впровадження ІСУП є однією з найбільш трудомістких, дорогих і тривалих програм розвитку з величезним ризиком невдалого закінчення проекту впровадження. Широко відомі результати дослідження фірми Standish Group, які свідчать, що 84% ІТ-проектів кінчаються зірваними строками, перевищенням бюджету або зовсім нічим. У той же час автоматизована підтримка рішень необхідна керівникам підприємств уже зараз, і тому зроблено вивід про необхідність розробки незалежних СППР, які можуть одержувати дані з існуючих на підприємстві автоматизованих систем.

У роботі ухвалене рішення, знайдене Б. Інмоном і сформульоване у вигляді концепції СЗД. По його визначенню, сховище даних – це предметно-предметно-орієнтована, інтегрована, некоректуєма, залежна від часу колекція даних, призначена для підтримки прийняття управлінських рішень.

Розглянемо сховища даних двох типів:

- корпоративні СЗД;
- вітрини даних (ВД).

СЗД і ВД будуються по подібних принципах і використовують практично ті самі технології. ВД мають менший розмір і обслуговують деяке один напрямок або аспект діяльності підприємства.

На основі проведених досліджень зроблений вивід про те, що сучасна СППР повинна складатися з наступних компонентів:

1. Оперативні джерела даних (можуть являти собою OLTP, корпоративні БД, зовнішні джерела).
2. Засоби переносу й трансформації даних (виконують збір, очищення й узгодження даних із джерел).
3. СУБД (високошвидкісна серверна СУБД), що дозволяє підтримувати багаторівневу систему зберігання даних, що складає із СЗД і безлічі ВД.
4. Засоби доступу й аналізу даних (дозволяють одержувати деталізовані дані, агреговані показники й закономірності).
5. Допоміжні компоненти: засобу проектування/розробки й засобу адміністрування.

Питання технологій розробки ІС, і СППР зокрема, багато в чому стали вже традиційними й увійшли в класичні підручники. У даній роботі особлива увага приділяється технологіям створення СЗД/ВД, які ще не досить досліджені.

Розглянемо структурну схему системи, що зображена на рисунку 1. Аналітичний програмний комплекс являє собою розподілену систему, у якій можна умовно виділити три частини:

- підсистему збору оперативних даних;
- підсистему зберігання даних;
- підсистему аналізу даних.

У підсистему збору даних включені будь-які джерела даних:

- оперативні системи підприємства;
- автоматизовані системи управління технологічними процесами;
- зовнішні джерела.

У зв'язку з низьким рівнем автоматизації найважливіших для оперативного управління виробництвом завдань, розробка аналітичного комплексу була почата зі створення системи обліку виробничих бізнес-процесів. Система має клієнт-серверну архітектуру. Специфіка операційних даних, що заносяться майстрами змін за допомогою

системи – їх суворі періодичність. Облікові дані заносяться за підсумками зміни. Таким чином, дані мають строгі часову прив'язку, що характерно для СЗД. Наступною оперативною системою, розробленою для підприємства, стала система, що реалізує функції обліку даних по обслуговуванню, службою експлуатації заводу. У перспективі планується підключення інших оперативних БД інших підрозділів підприємства (склад, служба якості, бухгалтерія).

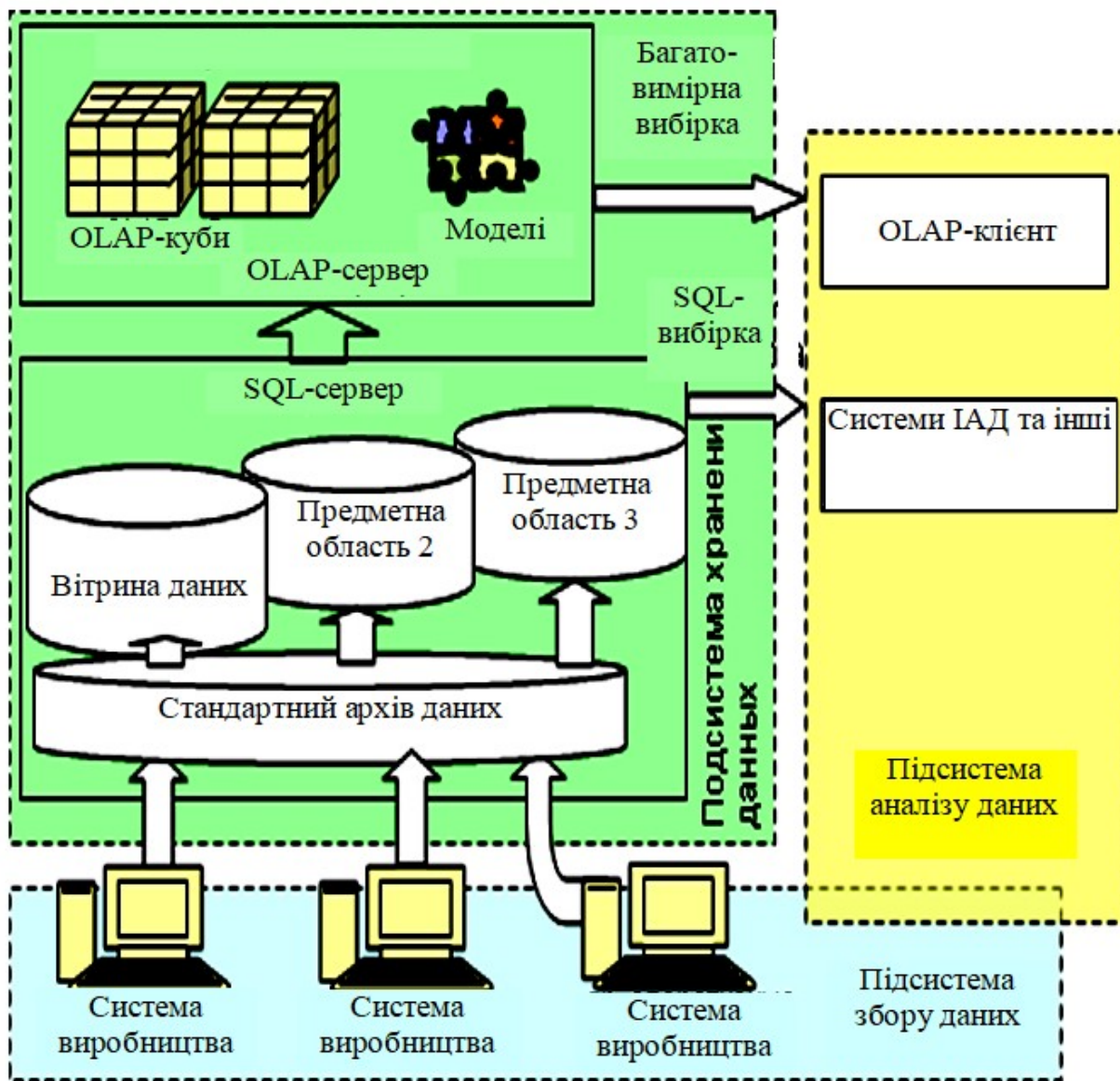


Рисунок 1 – Структурна схема системи

Підсистема зберігання даних виконує наступні функції:

- збір інформації з різних джерел, насамперед з оперативних інформаційних систем підприємства, що входять у підсистему збору даних, а також від зовнішніх джерел у сховище даних;
- інтеграція даних у логічні моделі по певних предметних областях на OLAP-сервері;
- зберігання інформації в OLAP-кубах таким чином, щоб вона була легко доступна й зрозуміла різним категоріям користувачів;
- надання даних різноманітним додаткам підсистеми аналізу даних.

У запропонованій структурі СЗД має дворівневу структуру:

- стандартний архів;
- вітрини даних (ВД).

Дані з оперативних джерел за допомогою розроблених програм завантажуються в стандартний архів даних, з якого вони вивантажуються у ВД, організовані відповідно до їхньої предметної спрямованості.

Візуалізація й агрегування даних, звичайно, полегшують прийняття управлінських рішень, однак засоби OLAP-аналізу не виробляють рекомендації ОПР. При прийнятті рішень корисне виявлення якісної нової інформації в даних, що втримуються в сховище, у вигляді схованих закономірностей, залежностей і взаємозв'язків, що забезпечується методами й засобами ІАД. Ілюстрація роботи інструментарію вироблення рекомендацій ОПР, як елемента нової технології, що реалізують її алгоритмів і програмних засобів була здійснена на конкретному завданні визначення складу ремонтних робіт методами імітаційного моделювання, первинної статистичної обробки даних і статистичної перевірки гіпотез.

Одна з найважливіших проблем – це позапланові простої встаткування. У зв'язку з безперервним технологічним процесом, зупинка встаткування спричиняє зниження якості продукції й утворення дорогих відходів. Крім того, своєчасна заміна деяких деталей запобігає дорогому ремонту цілих вузлів. Вище сказане спричиняється актуальність завдання моделювання (прогнозування) позапланових простоїв устаткування.

Виділено основні **етапи рішення** поставленого завдання:

1. Оцінка статистичних характеристик досліджуваних вибірових даних (середнє, мінімальне, максимальне, найбільш імовірне (модальне) час безвідмовної роботи й простоїв машин; середньоквадратичне відхилення, розкид часів і т.д.).

2. Дослідження законів розподілу часу безвідмовної роботи й часів простоїв машин по кожній технічній причині й підбор теоретичних розподілів, що адекватно описує вибірові дані, на основі використання статистичних критеріїв згоди.

3. Імітаційне моделювання циклів роботи машин за допомогою календарного методу, коли і-цикл складається з ділянки робочого стану (інтервал часу роботи), за яким треба ділянка поломки (простою) внаслідок виникнення певної технічної причини.

4. Прогнозування моментів зупинки машини по певній технічній причині.

Впровадження розробленої системи дозволило скоротити трудомісткість стандартних операцій по обліку даних виробничих бізнес-процесів і формуванню стандартних аналітичних звітів. Середня кількість помилок, що виявляються в момент формування місячного звіту по випуску, скоротилося з п'яти до однієї на місяць.

Висновки. У статті наведені теоретичне узагальнення й рішення наукового завдання дослідження методів підтримки прийняття управлінських рішень. Рішення даного завдання полягало у вирішенні наступних задач: Був проведений огляд існуючих систем підтримки прийняття управлінських рішень; Досліджена система підтримки прийняття управлінських рішень; На основі отриманих результатів досліджень створена програмна реалізація системи підтримки прийняття управлінських рішень. Розроблені під час виконання випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти алгоритми дозволяють успішно вирішувати завдання підтримки прийняття управлінських рішень. 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., 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.
2. Malyukov V., Bebashko 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., Yenchov, 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., 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.
8. 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, KL., 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., Neskorođieva 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.