

УДК 004

К.Батрак, магістр гр. КН-22М-2*Центральноукраїнський національний технічний університет*

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ГЕНЕРАЦІЇ СКЛАДНИХ ДВОМІРНИХ МАТРИЧНИХ ШТРИХ-КОДІВ

У статті розроблено програмне забезпечення, яке призначено для системи генерації складних двомірних матричних штрих-кодів. Метою розробки є дослідження та програмна реалізація системи генерації складних двомірних матричних штрих-кодів. Предметом дослідження є методи генерації складних двомірних матричних штрих-кодів. Методи дослідження базуються на методах обробки зображень, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення. Результат роботи – програмна реалізація системи генерації складних двомірних матричних штрих-кодів. В процесі роботи над програмною моделлю виконано аналіз існуючих апаратних та програмних засобів. В повній мірі описані всі компоненти розробленого програмного забезпечення.

Постановка проблеми. QR означає «Швидка відповідь». Хоча вони можуть виглядати просто, QR-коди здатні зберігати багато даних. Але незалежно від того, скільки вони містять, після сканування QR-код повинен дозволити користувачеві миттєво отримати доступ до інформації – тому він називається кодом швидкого реагування. QR-код – це тип штрих-коду, який легко зчитується цифровим пристроєм і який зберігає інформацію у вигляді серії пікселів у квадратній сітці. QR-коди часто використовуються для відстеження інформації про продукти в ланцюжку постачання, а оскільки багато смартфонів мають вбудовані зчитувачі QR-кодів, їх часто використовують у маркетингових і рекламних кампаніях. Зовсім недавно вони зіграли ключову роль у допомозі відстежувати зараження коронавірусом і уповільнювати поширення вірусу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При аналізі останніх досліджень і публікацій [1-20] було виявлено певні прогалини у забезпеченні системи генерації складних двомірних матричних штрих-кодів.

Мета й завдання дослідження. Метою роботи є дослідження та програмна реалізація системи генерації складних двомірних матричних штрих-кодів.

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

- Огляд існуючих систем генерації складних двомірних матричних штрих-кодів.
- Дослідження системи генерації складних двомірних матричних штрих-кодів.
- Програмна реалізація системи генерації складних двомірних матричних штрих-кодів.

Об'єктом дослідження є процес генерації складних двомірних матричних штрих-кодів.

Предметом дослідження є методи генерації складних двомірних матричних штрих-кодів.

Методи дослідження базуються на методах обробки зображень, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення.

Виклад основного матеріалу. Незважаючи на бурхливий ріст ринку систем електронного документообігу в різних областях діяльності, включаючи й державне керування, кількість паперових документів і їхніх обсягів не тільки не зменшуються, але й

постійно збільшуються. Можна знайти безліч пояснень такому феномену, однак, основною причиною «живучості» паперового документа є його звичність, дешевина й зручність сприйняття. Інакше кажучи, паперовий документ для дуже багатьох є найбільш зрозумілим і «дружнім інтерфейсом взаємодії». До того ж, незважаючи на розвиток технологій електронно-цифрового підпису, паперовий документ як і раніше залишається юридичною основою будь-якої діяльності. Ще один немаловажний момент – це незалежність паперового документа від інформаційних систем їх програмного й технічного забезпечення, а також нехильність паперового документа зараженню комп'ютерними вірусами й проблемами, що впливають їх цього. Незважаючи на перераховані достоїнства паперового документа – він об'єктивно є бар'єром на шляху підвищення ефективності документообігу, що обумовлює, насамперед, високою складністю й затратністю процесу уведення змісту документа в інформаційну систему.

Донедавна поставлене завдання вирішувалося застосуванням технологій автоматичного оптичного розпізнавання тексту із графічних образів (Optical Character Recognition, OCR) і наступного автоматичного уведення розпізнаного змісту документа в інформаційну систему. Однак в основі технологій OCR лежать процеси розпізнавання, що носять імовірнісний характер, що не повною мірою задовольняють якості (вірогідності) і швидкості розпізнавання документа.

Більшість смартфонів мають вбудовані QR-сканери, які іноді вбудовані в камеру. QR-сканер – це просто спосіб сканування QR-кодів.

Деякі планшети, наприклад Apple iPad, мають QR-зчитувачі, вбудовані в їхні камери.

Оскільки люди не можуть читати QR-коди, зловмисникам легко змінити QR-код, щоб вказати на альтернативний ресурс, не будучи виявленими. Хоча багато людей знають, що QR-коди можуть відкривати URL-адресу, вони можуть бути менш обізнані про інші дії, які QR-коди можуть ініціювати на пристрої користувача. Окрім відкриття веб-сайту, ці дії можуть включати додавання контактів або створення електронних листів. Цей елемент несподіванки може зробити загрози безпеці QR-кодів особливо проблематичними.

Типова атака передбачає публічне розміщення зловмисних QR-кодів, іноді приховування законних QR-кодів. Нічого не підозрюючи користувачі, які сканують код, потрапляють на шкідливу веб-сторінку, на якій може бути розміщено набір експлойтів, що призведе до зламу пристрою або підробленої сторінки входу для викрадення облікових даних користувача. Деякі веб-сайти здійснюють швидкісне завантаження, тому просте відвідування сайту може ініціювати завантаження шкідливого програмного забезпечення.

Чи збирають QR-коди мою особисту інформацію та дані?

Програмне забезпечення для створення QR-кодів не збирає особисту інформацію.

Дані, які він збирає, і які бачать розробники коду, включають місцезнаходження, кількість і час сканування коду, а також операційну систему пристрою, який просканував код (наприклад, iPhone або Android).

Самі QR-коди не можна зламати – ризики безпеці, пов'язані з QR-кодами, походять від місця призначення QR-кодів, а не від самих кодів.

Хакери можуть створювати шкідливі QR-коди, які спрямовують користувачів на підроблені веб-сайти, які збирають їхні особисті дані, наприклад облікові дані для входу, або навіть відстежують їх геолокацію на їхньому телефоні.

Ось чому мобільні користувачі повинні сканувати лише коди, які надходять від надійного відправника.

Візерунки в QR-кодах представляють двійкові коди, які можна інтерпретувати, щоб розкрити дані коду.

QR-коди використовуються в багатьох контекстах, наприклад:

– QR-коди в продажах і маркетингу. Багато рекламодавців використовують QR-коди у своїх кампаніях, оскільки це забезпечує швидший та інтуїтивно зрозуміліший спосіб спрямовувати людей на веб-сайти, ніж введення URL-адрес вручну. Їх також можна використовувати для прямого посилання на сторінки продукту в Інтернеті. Наприклад, якщо

ви шукали саме ту сукню, яку одягла модель на плакаті, QR-код міг би напряму перевести вас на веб-сторінку, де її можна було придбати.

– QR-коди для відстеження коронавірусу. Пандемія коронавірусу посилила використання QR-кодів. Наприклад, у Великій Британії відвідувачам закладів гостинності, таких як бари та ресторани, пропонується сканувати QR-код після прибуття за допомогою програми відстеження Covid-19 NHS. Це допоможе відстежити та зупинити поширення вірусу. Якщо хтось виявляє позитивний результат тесту на Covid-19 у цьому закладі, інші відвідувачі цього місця сповіщаються за допомогою програми завдяки даним, зібраним зі сканованих QR-кодів.

– QR-коди на упаковці товару. Ви також можете знайти QR-коди на упаковках для деяких ваших улюблених продуктів. Ці QR-коди можуть розкривати інформацію про продукт, наприклад інформацію про харчову цінність або спеціальні пропозиції, якими ви можете скористатися під час наступної покупки.

– QR-коди в промисловості. Спочатку QR-коди були винайдені, щоб допомогти відстежувати деталі при виробництві транспортних засобів, і вони досі використовуються у всій промисловості. Ви також знайдете QR-коди, які використовуються іншими підприємствами, яким потрібно уважно стежити за продуктами та витратними матеріалами, як-от будівництво, машинобудування та роздрібна торгівля.

– QR-коди в поштових службах. Поштові служби в усьому світі також використовують їх. Оскільки вони можуть містити великий обсяг інформації, на них часто покладаються для відстеження посилок. Наприклад, світовий модний бренд ASOS повністю перейшов на QR-коди для відстеження повернення коштів.

– QR-коди в освіті. QR-коди також використовуються в школах і коледжах, щоб допомогти спілкуватися зі студентами. Вони з'являлися скрізь, від класу до бібліотеки, для таких завдань, як допомога учням у пошуку книжок, які вони шукають.

Невідомо, де і коли ви можете натрапити на шкідливий QR-код. Ось чому важливо використовувати QR-сканер, якому можна довіряти, а не завантажувати випадковий сканер із магазину додатків чи онлайн.

QR Scanner миттєво перевіряє безпечність сканованого посилання, перш ніж надіслати вам будь-яку інформацію.

Сканер забезпечує автентифікацію за QR-кодом і попереджає про потенційну небезпеку, що криється за QR-кодом, наприклад:

1. Фішингове шахрайство.
2. Примусове завантаження програми або шахрайство з платними текстовими повідомленнями.
3. Небезпечні посилання.

QR Scanner як і раніше надає все, що вам потрібно від QR-сканера, наприклад додавання контактів у ваш телефон. Він також створює журнал минулих сканувань, щоб у разі потреби ви могли відстежити, коли та де вас могли зламати.

Розробка структурної схеми

На рисунку 1 зображено розроблену структурну схему системи генерації складних двомірних матричних штрих-кодів типу QR.

Розглянемо схему згори до низу. Спочатку проходить введення даних користувача, а саме даних які будуть вбудовані у QR код. При необхідності проводиться зміна налаштувань генерації QR коду по замовчанню.



Рисунок 1 – Структурна схема роботи системи

Далі проводиться кодування даних користувача з використання існуючих налаштувань кодування. Після цього проводиться формування кодів корегування тобто дублювання даних для поміхо стійкості з використанням модулю генерації кодів корегування.

Після цих дій проводиться застосування маски та додавання версії штрих-коду. Версії штрих-коду дозволяє при розпізнаванні QR коду користувачем більш точно провести декодування.

Та на останньому етапі проводиться генерація двомірного матричного штрих-коду QR з використанням модуля створення Jpg файлів, що у кінцевому результаті дає повноцінний згенерований QR код.

Ось кілька креативних способів використання QR-кодів для окремих осіб і компаній.

1. Автобусні зупинки та вокзали

QR-коди використовуються на автобусних зупинках і вокзалах у містах по всьому світу. У Лондоні, наприклад, Transport for London розмістив QR-коди на автобусних зупинках, щоб люди могли відсканувати код і отримати інформацію про автобусний маршрут і розклад.

QR-коди також використовуються на вокзалах Японії, щоб надати пасажиром інформацію про їхню подорож. Крім того, країна також використовує QR-коди для забезпечення доступу до квиткових воріт.

2. Візитки

Ще один спосіб, у який компанії використовують QR-коди, – це вставляти їх у свої візитні картки. Це дозволяє людям сканувати код і миттєво додавати контактну інформацію власника бізнесу на свій телефон.

Так само QR-код на візитній картці може перевести людей на веб-сайт компанії або сторінку контактів. За допомогою таких візитних карток компанії можуть зробити свої картки простими, елегантними та інноваційними.

3. Про упаковану їжу

Супермаркети можуть розмішувати QR-коди на упакованих продуктах харчування, що дозволяє клієнтам отримати більше інформації про інгредієнти та рецепти. Покупцеві достатньо піднести свій телефон до QR-коду на упаковці, і він перейде на веб-сайт або додаток із додатковою інформацією.

Це чудовий спосіб для компаній надати клієнтам більше прозорості щодо своїх продуктів харчування. Крім того, це корисний спосіб для покупців дізнатися більше про те, що вони купують і як цим користуватися.

Згідно зі звітом Statista, 57% покупців сканували продукти харчування, щоб отримати більше інформації про них.

4. Опитування клієнтів

Отримання аналітичних даних про клієнтів є важливим для кожного бізнесу, оскільки це допомагає оцінити рівень задоволеності клієнтів і визначити сфери, які потрібно вдосконалити. Традиційно опитування клієнтів проводилися на паперових носіях і вимагали від клієнтів заповнити форму та опустити її в ящик або надіслати назад поштою.

З появою QR-кодів компанії тепер можуть створювати цифрові опитування клієнтів, які легко заповнювати та не вимагають паперу. Ви повинні розмістити QR-код на квитанції, яку ви надаєте клієнту після покупки.

Клієнт сканує цей код і потрапляє на сайт опитування. Потім вони можуть заповнити опитування онлайн.

5. Купони

Компанії роками використовують QR-коди на купонах, щоб відстежувати ефективність своїх маркетингових кампаній. QR-коди полегшують клієнтам активацію купонів, а компаніям – відстеження коефіцієнтів використання купонів.

Щоб використовувати QR-коди для купонів, компаніям потрібно просто створити унікальний код для кожного купона та додати його до самого купону. Потім клієнт може відсканувати код за допомогою свого телефону, щоб скористатися знижкою.

6. Збільште кількість завантажень програми

Малі підприємства можуть збільшити завантаження додатків за допомогою QR-кодів. Ви можете розмістити QR-код на своєму веб-сайті, у профілях у соціальних мережах або навіть на візитних картках, які посилаються на сторінку вашого додатка в магазині програм. Дослідження показують, що люди сканують QR-коди майже з усіх носіїв.

Коли хтось просканує код, він перейде безпосередньо на сторінку, де зможе завантажити вашу програму. Це швидкий і простий спосіб залучити людей до App Store замість того, щоб розраховувати на те, що вони самі пройдуть через проблеми.

7. Безконтактне меню

Під час пандемії багато ресторанів перейшли на безконтактне меню, щоб зменшити поширення мікробів. Натомість клієнти можуть відсканувати QR-код своїм смартфоном, щоб переглянути меню.

Це чудовий спосіб для ресторанів оновлювати свої меню в режимі реального часу та уникати друку нових меню щоразу, коли відбуваються зміни.

Цікаво те, що експерти галузі не вважають це примхою. Натомість кажуть, що це буде довгострокова зміна. Крім того, звіт про готовність ресторанів показав, що 33% підприємств бачать позитивну відповідь, коли вони використовують QR-коди.

8. Сканувати для оплати

Компанії можуть використовувати QR-коди, щоб дозволити клієнтам здійснювати безконтактні платежі. Клієнти можуть сканувати QR-код за допомогою свого смартфона, а потім використовувати свій мобільний гаманець для завершення платежу.

Це чудовий спосіб для підприємств зменшити ризик розповсюдження мікробів і зробити платіж зручнішим для клієнтів. Крім того, це може допомогти підприємствам відійти від традиційних методів і застосувати інноваційні підходи.

9. Приєднайтеся до WiFi

Замість того, щоб вводити пароль, клієнти можуть відсканувати QR-код, щоб підключитися до мережі WiFi компанії. Це вигідно для компаній із великою кількістю відвідувачів, таких як кафе, готелі та роздрібні магазини.

Це чудовий спосіб зробити клієнтам зручнішим підключення до Інтернету, не вивчаючи пароль.

10. Інформація про курс

Університети можуть друкувати QR-коди на інформаційних листках курсу, щоб студенти могли швидко та легко отримати доступ до опису курсу, попередніх вимог та іншої важливої інформації.

Це допоможе зменшити роботу та клопоти для адміністративного відділу, особливо під час прийому, коли потрібно багато документів.

Дослідження вже показують, що молоді люди сканують більше QR-кодів, ніж їхні старші колеги. Тому такі ініціативи принесуть величезну користь молодому поколінню.

11. Подарунки

Як бренд, якщо ви хочете влаштувати роздачу, отримати QR-коди в суміші – чудова ідея. Ви можете використовувати QR-код, щоб направити учасників на цільову сторінку, де вони можуть ввести свою інформацію та отримати участь у виграші.

Це чудовий спосіб підвищити впізнаваність бренду та змусити людей говорити про ваш продукт чи послугу. Крім того, ви можете заохочувати людей ділитися QR-кодом зі своїми друзями для додаткових записів.

12. Сорочки та ділові товари

Ви шукаєте інноваційний і дешевий спосіб рекламувати свою останню послугу, щоб збільшити кількість відвідувачів на вашому веб-сайті? Ви можете використовувати QR-коди. 45% покупців кажуть, що сканували маркетинговий код у США.

Додайте на свою футболку QR-код із посиланням на ваш веб-сайт, спеціальну пропозицію чи сторінку продукту та спостерігайте за збільшенням відвідувань. Наприклад, якщо ви проводите подію чи урочисте відкриття, ви можете додати QR-код до ваші футболки з посиланнями на інформацію про подію або реєстрацію.

QR-коди також є чудовим способом просування вашого бізнесу, якщо ви безкоштовно роздаєте ручки, блокноти чи пляшки з водою. Додайте логотип вашої компанії та URL-адресу веб-сайту до елемента за допомогою QR-коду.

Переконайтеся, що QR-код спрямовує людей на вашу найважливішу цільову сторінку, щоб ви могли перетворити їх на платних клієнтів. Ви можете визначити важливість QR-кодів за тим фактом, що 59% покупців кажуть, що QR-коди будуть невід'ємною частиною їхнього шопінгу.

13. Рекламні щити

Якщо у вас є рекламний щит, не просто розміщуйте на ньому URL-адресу свого сайту. Натомість використовуйте QR-код, який спрямовує людей на ваш веб-сайт або цільову сторінку.

Це особливо ефективно, якщо ви проводите розпродаж або акцію. Наприклад, ви можете розмістити QR-код на своєму білборді, який спрямовуватиме людей на цільову сторінку, де вони зможуть отримати більше інформації або скористатися спеціальною пропозицією.

Це чудовий спосіб збільшити відвідуваність вашого сайту та залучити потенційних клієнтів. Фактично кількість QR-конверсій і взаємодій значно зросла за останні кілька років, як показано на цій інфографіці.

14. Подієвий маркетинг

QR-коди – це чудовий спосіб рекламувати свої події. Ви можете використовувати їх для просування своєї події в соціальних мережах, через маркетингові кампанії електронною поштою та на своєму веб-сайті.

Коли хтось сканує QR-код, він спрямовує його на сторінку реєстрації, де можна отримати інформацію про подію або зареєструватися на неї. Це неймовірний спосіб збільшити відвідуваність і полегшити людям реєстрацію на ваші заходи.

15. Створіть список передплатників електронної пошти

Компанії також можуть використовувати QR-коди для створення списку підписників електронної пошти. Ви можете додати QR-код на свій веб-сайт, профілі в соціальних мережах або навіть фізичні маркетингові матеріали, як-от візитні картки чи листівки. Коли

люди сканують QR-код, вони переходять на цільову сторінку, де вони можуть ввести свою електронну адресу, щоб зареєструватися у вашому списку розсилки.

Таким чином ви можете дозволити клієнтам приходити до вас, а не відстежувати їх і запитувати їх контактну інформацію. Ви можете використовувати це на YouTube під час створення аудиторії. Додайте QR-код у свій відеоблог, який веде до провідного магніту, щоб спрямувати ваших глядачів до більшого способу взаємодії з вашим брендом.

16. Дозволи на будівництво

Чи знаєте ви, що Нью-Йорк використовує QR-коди для дозволів на будівництво? Інші міста також починають це робити.

QR-код є посиланням на веб-сайт, де громадяни можуть дізнатися більше про проект будівництва, наприклад, графік, очікуваний рівень шуму та контактну інформацію керівника проекту.

Це інноваційний спосіб для міст забезпечити більшу прозорість і інформувати мешканців про те, що відбувається

17. Резюме та CV

Окремі особи також можуть розміщувати QR-коди у своїх резюме та CV. Коли потенційні роботодавці сканують QR-код, їх можна перевести на веб-сайт, де вони зможуть дізнатися більше про кваліфікацію та досвід людини.

Це чудовий спосіб виділитися серед конкурентів і допомогти роботодавцям дізнатися про вас більше. Наприклад, якщо ви графічний дизайнер, ви можете додати QR-код до свого резюме, який переведе роботодавця на ваш профіль або веб-сайт Behance.

Поради щодо використання QR-кодів

Незалежно від того, чи використовуєте ви QR-коди для бізнесу чи для особистих цілей, ви можете зробити кілька речей, щоб переконатися, що ваш досвід буде позитивним. Ось кілька порад:

- Виберіть генератор QR-кодів, який має репутацію та хороші відгуки.
- Переконайтеся, що QR-код видимий і його можна легко відсканувати. Якщо він занадто маленький або розмитий, він не працюватиме.
- Перевірте QR-код, щоб переконатися, що він працює, перш ніж використовувати його.
- Обов'язково додайте заклик до дії разом із своїм QR-кодом. Скажіть людям, що їм потрібно зробити після сканування.
- Переконайтеся, що вміст, на який ви посилаетесь, зручний для мобільних пристроїв. Якщо це не так, люди не зможуть належним чином переглядати його на своїх телефонах. У результаті це зруйнує всю мету використання QR-коду.

Підводячи підсумок, ви можете використовувати QR-коди для багатьох цілей, включаючи контент-маркетинг, обмін контактною інформацією та посилання на веб-сайти. QR-коди – це чудовий спосіб поділитися інформацією чи просувати свій бізнес.

Просто не забудьте скористатись надійним генератором QR-кодів і перевірте свій код перед його використанням. І не забудьте включити заклик до дії. Найважливіше те, що ви можете придумати власні інноваційні способи використання QR-кодів

Висновки. У статті наведені теоретичне узагальнення й рішення наукового завдання дослідження методів генерації складних двомірних матричних штрих-кодів. Рішення даного завдання полягало у вирішенні наступних задач: Був проведений огляд існуючих систем генерації складних двомірних матричних штрих-кодів; Досліджена система генерації складних двомірних матричних штрих-кодів; На основі отриманих результатів досліджень створена програмна реалізація системи генерації складних двомірних матричних штрих-кодів. Розроблені під час виконання випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти алгоритми дозволяють успішно вирішувати завдання генерації складних двомірних матричних штрих-кодів. 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., Kandiy, S., Smirnova, T., Prokopov, S., Bilanovych, A. «New Cost Function for S-boxes Generation by Simulated Annealing Algorithm». *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, 2023. vol 180. pp. 310-320. Springer, Cham.
2. Kuznetsov, O., Frontoni, E., Kandiy, S., Smirnov, O., Ulianovska, Y., Kobylanska, O. «Heuristic Search for Nonlinear Substitutions for Cryptographic Applications». *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, 2023. vol 180. Springer, Cham. pp. 288-298.
3. Kuznetsov, O., Kuznetsova, Y., Smirnov, O., Kostenko, O., Zvieriev, V. «Evaluating Hashing Algorithms in the Age of ASIC Resistance». *CEUR Workshop Proceedings*, 2023, 3628, pp. 93-105.
4. Kuznetsov O., Frontoni E., Kuznetsova Ye., Smirnov O., Chevardin V. «Achieving Enhanced Security in Biometric Authentication: A Rigorous Analysis of Code-Based Fuzzy Extractor». *CEUR Workshop Proceedings*, Volume 3624, 2023, pp. 330-339.
5. 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.
6. Kuznetsov, O., Kandiy, S., Frontoni, E., Smirnov, O. «Trade-offs in Post-Quantum Cryptography: A Comparative Assessment of BIKE, HQC, and Classic McEliece». *CEUR Workshop Proceedings*, Volume 3504, 2023, pp. 1-11.
7. 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,
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. Smirnov O.A., Al-Oraiqat A.M., Ulichev O.S., Meleshko Ye.V., Al-Rawashdeh H.S., Polishchuk L.I. «Modeling strategies for information influence dissemination in social networks». *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing* Volume 13, Issue 5. Springer, Cham. 2022, pp. 2463-2477.
10. Smirnov O., Kuznetsov A., Zhora V., Onikiychuk A., Pieshkova O. «Hiding Messages in Audio Files Using Direct Spread Spectrum». *11th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, IDAACS 2021, Cracow, Poland, 22-25 September 2021*. P. 414-418
11. Smirnov O., Kuznetsov A., Lokotkova I., Kuznetsova T., Florov S., Lebid O. «Using Orthogonal Signals to Hide Information in Images». *4 IEEE International Conference on Advanced Information and Communication Technologies (AICT) - 2021, Lviv, Ukraine, September 21-25, 2021*. P. 255-260.
12. Smirnov O., Kuznetsov A., Girzheva O., Kiian A., Nakisko O., Kuznetsova T. «Advanced Code-Based Electronic Digital Signature Scheme». *2020 IEEE International Conference on Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T 2020, Kharkiv, 6 October 2020-9 October 2020*, P. 358-362.
13. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiian A., Kuznetsova K. «Data hiding scheme based on spread sequence addressing». *CEUR Workshop Proceedings Volume 2805, 2020, Pages 44-58*.
14. 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.
15. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiian A., Kuznetsova T. «Non-binary constant weight coding technique». *CEUR Workshop Proceedings*. Volume 2740, 2020, Pages 102-114.
16. Smirnov O., Alimseitova Zh., Adranova A., Akhmetov B., Lakhno V., Zhilkishbayeva G. «Models and algorithms for ensuring functional stability and cybersecurity of virtual cloud resources». *Journal of theoretical and applied information technology* Vol.98. No 21, 2020, P. 3334-3346.
17. Smirnov O., Kuznetsov A., Arischenko A., Chepurko I., Onikiychuk A., Kuznetsova T. «Pseudorandom sequences for spread spectrum image steganography». *CEUR Workshop Proceedings Volume 2654, 2020, Pages 122-131*.
18. Smirnov O., Kuznetsov A., Kovalchuk D., Kuznetsova T. «New technique for data hiding in cover images using adaptively generated pseudorandom sequences». *CEUR Workshop Proceedings Volume 2654, 2020, Pages 1-14*.
19. Smirnov O., Lutsenko M., Kuznetsov A., Kiian A., Kuznetsova T., «Biometric cryptosystems: overview, state-of-the-art and perspective directions». *Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 152. Springer, Cham. 2021, pp 66-84.
20. Smirnov O., Kuznetsov A., Onikiychuk A., Makushenko T., Anisimova O., Arischenko A. «Adaptive pseudo-random sequence generation for spread spectrum image steganography». *2020 IEEE 11th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT), Ukraine, Kyiv, May 14-18. 2020*. P. 161-165.
21. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiian A., Babenko V., Perevozova I., Chepurko I. «New Approach to the Implementation of Post-Quantum Digital Signature Scheme». *2020 IEEE 11th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT), Ukraine, Kyiv, May 14-18. 2020*. P. 166-171.