

УДК 004

О. Сопіна, магістр гр. КІ-24Мз,*Центральноукраїнський національний технічний університет*

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ЗБОРУ ТА ОБРОБКИ АНАЛІТИКИ ВІД МЕРЕЖІ WI-FI

У статті розроблено програмне забезпечення, яке призначено для системи збору та обробки аналітики від мережі Wi-Fi. Метою розробки є дослідження та принципи побудови системи збору та обробки аналітики від мережі Wi-Fi. Об'єктом дослідження є процес збору та обробки аналітики від мережі Wi-Fi. Предметом дослідження є методи збору та обробки аналітики від мережі Wi-Fi. Методи дослідження базуються на методах інформації, методах теорії комп'ютерних мереж, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення. Результат роботи – програмна реалізація системи збору та обробки аналітики від мережі Wi-Fi. В процесі роботи над програмною моделлю виконано аналіз існуючих апаратних та програмних засобів. В повній мірі описані всі компоненти розробленого програмного забезпечення.

збір та обробка аналітики, Wi-Fi

Постановка проблеми. Мережі Wi-Fi стають не тільки засобом підключення користувачів, але й інструментом для навігації й збору різних даних. Такі дані дозволяють визначити, наскільки ефективно використовуються площі об'єкта (офісу, магазину, транспортного вузла та ін.), здійснювати персоніфікований маркетинг, контролювати роботу співробітників і т.д.

Один із проєктів, де здійснюється збір даних у мережі Wi-Fi для наступної аналітики, вирішує кілька завдань, у тому числі облік часу присутності співробітників на робочих місцях. Це завдання реалізується за допомогою відстеження активності MAC-адреси корпоративного смартфона з SMS-повідомленнями керівництва про запізнення його власника. Крім того, система фіксує факт виявлення смартфона клієнта тільки він з'явиться на території салону на підставі його MAC-адреси. Це дозволяє реалізувати більше ефективну, проактивну роботу із клієнтом, коли на комп'ютер співробітника відразу виводиться вся історія взаємин з ним і іншою корисною інформацією.

Також функції аналітики реалізовані й у мережі Wi-Fi, з гіперлокацією забезпечує навігацію відвідувачів, а також функцію аудіогіду в мобільному застосунку. Співробітникам надається інформація з переміщень відвідувачів.

Рішення Wi-Fi розвиваються також у напрямку розширення різноманіття архітектур таких мереж, завдяки чому підвищується гнучкість реалізації мережі для замовників різного масштабу. Базовий варіант, вигідний для невеликих інсталяцій, – використання контролера, убудованого в точку доступу. Такі рішення є в портфелі продуктів всіх основних гравців ринку Wi-Fi, включаючи компанії Cisco і Ruckus.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При аналізі останніх досліджень і публікацій [1-10] було виявлено певні прогалини у забезпеченні системи збору та обробки аналітики від мережі WI-FI.

Мета й завдання дослідження. Метою роботи є дослідження та принципи побудови системи збору та обробки аналітики від мережі Wi-Fi.

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

- Огляд існуючих систем збору та обробки аналітики від мережі Wi-Fi.
- Дослідження системи збору та обробки аналітики від мережі Wi-Fi.
- Програмна реалізація системи збору та обробки аналітики від мережі Wi-Fi.

Об'єктом дослідження є процес збору та обробки аналітики від мережі Wi-Fi.

Предметом дослідження є методи збору та обробки аналітики від мережі Wi-Fi.

Методи дослідження базуються на методах інформації, методах теорії комп'ютерних мереж, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення.

Виклад основного матеріалу. Wi-Fi аналітика – технологія збору, обробки й аналізу даних за допомогою Wi-Fi сенсорів. Всі мобільні пристрої із включеним Wi-Fi (а по статистиці це 50-60% всіх пристроїв) передають у простір сигнал з MAC-адресою – унікальним ідентифікатором мобільного телефону. До слова, він не ставиться до персональних даних. Спеціальні сенсори вловлюють сигнал, обробляють і передають у закодованому виді на хмарні сервери. Зібрана інформація впорядковується й аналізується. У такий спосіб ви одержуєте розгорнуту інформацію про своїх відвідувачів, їхній кількості й витраченому в магазині часу, частоті візитів, нових/лояльних клієнтах, перехожих, про збіглих без покупки, про прохідність точки й т.д.

Бездротова аналітика також може сполучати офлайн- і онлайн-дані й допомагає побачити реальний портрет (профіль) аудиторії: стать, вік, інтереси в інтернеті, тип/марку мобільного пристрою та ін. Зібрані аудиторії (MAC-адреси) завантажуються в DMP Google і MyTarget (Gmail.com) для таргетування на них інтернет-реклами. Клієнт може вибрати різні сегменти, наприклад, «регулярно минаючі повз мій магазин» і «що зайшли й пробули в магазині менш 2-х хвилин», і показувати їм різні, максимально персоналізовані рекламні повідомлення.

Основні сфери застосування технології – ритейл, ТРЦ, фаст-фуди, ресторани, кафе, автоцентри, банки, e-commerce, реклама, BTL.

Що може Wi-Fi аналітика

Можна виділити три важливі можливості Wi-Fi аналітики:

1. Доганяти потрібну аудиторію в онлайні й офлайні. Усі знають, як працює ремаркетинг у пошукових системах в інтернеті – ви вводите запит «як відсвяткувати день народження дитини в Кропивницькому» і потім вас цілий місяць переслідують банери дитячих розважальних центрів. Точно таку ж можливість «доганяти потрібну аудиторію» Wi-Fi аналітика надає й в офлайні. Наприклад, потенційний клієнт зайшов у магазин побутової техніки в пошуку холодильника. Походив по відділі, подивився різні моделі й пішов, нічого не купивши (не знайшов підходящий варіант, вирішив пошукати дешевше, не було необхідної суми). І отут його починає «переслідувати» реклама холодильників – в інтернеті або в digital indoor (внутрішня, інтер'єрна реклама на екранах).

2. Визначати/підрхувати, хто з побачивших рекламу фізично прийшов у магазин. Як звичайно оцінюється ефективність реклами? В інтернеті – переглядами, кліками, дзвінками, лідами, онлайн-покупками. У зовнішній і внутрішній рекламі – забійним питанням «звідки ви про нас довідалися?» і промокодами. А якщо ви рекламуєте товар, якому можна купити тільки в офлайн-магазині? Нові технології дозволяють зв'язати рекламу в інтернеті з офлайн-бізнесом клієнта. Завдяки їм ви можете визначити й порохувати, хто з побачивших рекламу, прийшов у звичайний магазин.

3. Таргетувати рекламу в інтернеті на офлайн-аудиторію. Маркетологи добре знають, як шукати цільову аудиторію в інтернеті: таргетинг по інтересах, соціально-демографічним показникам, геолокації й т.д. І багато хто з них знають, що незважаючи на всі ці інструменти, ефективність подібної реклами щороку знижується, а її вартість, навпаки, росте. Як зачепити аудиторію, що регулярно проходить повз наш магазин і не заходить у нього?

Або як «наздогнати» рекламою тих, хто зайшов, але в підсумку пішов без покупки? Один з дідівських способів – поставити біля магазину промоутера або ростову ляльку з рекламними листівками або рекламний покажчик. Можна написати на вітрині «знижки 200%». Але все це вже не чіпляє. Тепер можна таргетувати рекламу в інтернеті на офлайн-аудиторію. Наприклад, на ті, хто брав участь у Кропивницькому напівмарафоні й любить біг.

І це все теж дозволяє зробити Wi-Fi аналітика. Насправді такими можливостями вже щосили користуються в усьому світі, у тому числі в Україні.

Як це працює

Приклад 1. Український автодилер (преміум сегмент) проводив «виїзний» 3-денний тест-драйв. У зоні експонування авто був установлений Wi-Fi сенсор, що збирав інформацію про минаючих мимо в радіусі 20 метрів, а також тих, хто бачив рекламу й/або брав участь у тест-драйві. Також Wi-Fi сенсори були встановлені в самому дилерському центрі. Дані збиралися з декількома цілями: оцінити ефективність заходу – визначити скільки в підсумку людей приїде в дилерський центр, використовувати зібрані дані для наступного таргетування реклами в інтернеті.

Результати кампанії:

- Зібрано 4866 унікальних mac-адрес.
- 13 чоловік прийшли в дилерський центр протягом 1,5 місяців після заходу.

Приклад 2. Великий ритейлер побутової техніки й електроніки, магазини якого перебувають у торгових центрах Кропивницька, збирав дані з метою:

- Одержати розгорнуту статистику й аналітику по відвідувачах магазинів (включаючи перехожих).
- Використовувати зібрані аудиторні сегменти для наступної комунікації в Інтернеті.
- Оцінити ефективність інтернет-реклами – поррахувати скільки людей, її що побачили, прийшло в магазини клієнта.

До початку рекламної кампанії в інтернеті Wi-Fi сенсори збирали дані в магазинах кілька місяців. За цей час із всіх зібраних MAC-адрес були відібрані ті, хто проходив повз магазин більше двох разів на місяць, але жодного разу в нього не зайшов. Для кожного магазину було розроблено 5 баннерів з різними товарами й вказівкою адреси торгового центра, де перебуває магазин. Баннери розміщалися в інтернеті з таргетуванням на відвідувачів торгового центра, які проходили мимо «наших» магазинів. Тобто. люди бачили баннери з адресами торгових центрів, у яких регулярно бувають. Паралельно з рекламою в інтернеті сенсори збирали MAC-адреси відвідувачів «наших» магазинів і визначали тих, хто прийшов сюди завдяки побаченій рекламі.

Результати кампанії:

- 7% побачивших інтернет-рекламу фізично прийшли в магазини в період рекламної кампанії + 2 тижні.
- Кількість нових відвідувачів у цей період виросло на 6,5% у порівнянні з аналогічним періодом минулого місяця.
- Близько 50% нових відвідувачів у цей період прийшли завдяки рекламі (або як мінімум бачили рекламу).
- Частка тих, хто зайшов у магазини із загального потоку минаючих мимо серед тих, хто бачив рекламу, майже в 2 рази вище аналогічного показника по загальній аудиторії.

Хочу відзначити, що не треба критично ставитися до цифр, оцінювати їх з погляду багато/мало, ефективно/неефективно. Ця інформація дає поле для того, що і як потрібно поліпшувати.

Уявіть собі, ми можемо проаналізувати шлях покупців із продуктовими візками: як і де вони переміщалися. На підставі цього можна поліпшити мерчендайзинг, вивчити які товари з яких груп купують разом і багато чого іншого. Але сам цікаве починається тоді, коли людина вже приходять на касу: час, проведений у магазині, маршрут і його підсумкову покупку можна синхронізувати, і цю інформацію організація-замовник може також сполучити зі своєю програмою лояльності.

Офлайн метрики

Будь-який сучасний телефон має модуль Wi-Fi, і якщо він включений (а звичайно він включений), те без ведена власника починає відправляти множинні сигнали. Ці хлопці «ловлять» сигнали за допомогою встаткування TP-Link і свого прошивання. У сигналі

втримується MAC адреса телефону, потужність, з якої сигнал був відправлений, і час його відправлення. Є більше 15 різних офлайн-метрик, які можна розрахувати на основі цих даних. От деякі з них:

– **Entry rate** – метрика, що показує, скільки людей пройшло повз локацію і яку їхню частину зайшла в неї. Entry rate дозволяє оцінити потенціал локації, обсяги аудиторії, з якої працює бізнес, а також проаналізувати результативність тої або іншої маркетингової активності. Завдяки тому, що MAC адреса – це індивідуальний ідентифікатор телефону й, як правило, вона не повторюється, з його допомогою оцінюються такі параметри як «новий відвідувач», «повторний відвідувач» та ін.

– **Частотність** – це важливий параметр особливо для ритейла. Ця метрика показує частоту, з якої приходять нові або повторні відвідувачі в той або інший об'єкт, можна побачити цикл повторного відвідування.

– **Маршрути**. Якщо є кілька точок збору даних, можна проаналізувати маршрути відвідувачів, частку людей, що заходять у певні приміщення (магазини) і т.п. Можна поєднувати людей у групи й аналізувати, як вони, відвідавши орендаря X, направилися до орендаря Y, зайшли в кінотеатр і так далі – і на основі цієї інформації розвивати програму лояльності.

Зараз багато хто намагаються працювати з лояльною масою аудиторії, тому що купівельна спроможність населення знижується. У торгових центрах, наприклад, на 80-85% лояльна аудиторія, тому що відвідувачі – це в основному жителі прилеглих будинків або працівники офісів. Тому торгові центри намагаються залучати їх, преміювати за відвідування й стимулювати покупки.

– **Середній час**. Це те, що впливає на наші покупки, адже чим більше часу ми проводимо в магазині, тим вище ймовірність, що ми щось купимо. З торгового центра взагалі складно піти без покупки: там більше можливості провести величезна кількість часу й, відповідно, що-небудь придбати, сходити в кіно й т.д.

– **Перетинання** – ще одна дуже цікава метрика для бізнесу. Ця метрика показує куди ще ходять відвідувачі однієї локації усередині еко-системи Wi-Fi аналітики, включаючи парки розваг, спортивні об'єкти. Ці дані, наприклад, дозволяють компанії краще розуміти поведінковий портрет свого споживача.

Режими роботи

Устаткування TP-Link може працювати в різних режимах.

– **Надання доступу в інтернет для персоналу й відвідувачів**. Ми пропагуємо Wi-Fi не тільки як сервіс для відвідувачів, але і як вигідний ресурс для бізнесу й замовника. Зараз доступ в інтернет для відвідувачів – збиткова стаття для багатьох компаній. Ми ж бачимо можливість зробити надання Wi-Fi для відвідувачів дохідною статтею.

– **Інструмент рекрутингу в програму лояльності**. Wi-Fi – це спосіб комунікації із клієнтом. Комунікувати із клієнтом можна по-різному. Наприклад, користувач, що підключився до гостьового Wi-Fi, побачив баннер/відео й т.д. – це вже комунікація. Але ми йдемо ще далі, створюємо складні інтеграційні системи із замовником. Wi-Fi може бути інструментом рекрутингу в програму лояльності.

Наприклад, можна зробити зв'язування між системою Wi-Fi-аналітики й CRM-системою замовника й, коли відвідувач підключається до мережі, запускати кілька сценаріїв.

Один з таких сценаріїв – коли користувач повторно підключається до мережі замовника – наприклад, в іншій кав'ярні або ресторані однієї мережі. За законом про надання публічних Wi-Fi мереж при підключенні користувач зобов'язаний залишити контактні дані й підтвердити номер телефону. Оскільки система єдина, при першому підключенні MAC-адреса користувача й номер його телефону зберігається в загальній базі. І наступного разу, коли той же користувач скористається Wi-Fi в іншій кав'ярні мережі, йому не прийде проходити авторизацію повторно.

Ще один сценарій – у момент, коли користувач підключається до мережі замовника, у якого Wi-Fi використовується як інструмент рекрутингу в програмі лояльності, CRM системі вже передали питання: чи є цей користувач учасником вашої програми лояльності. Якщо «ні», тоді користувачеві показується анкета або будь-яка інша форма, де потрібно заповнити лише часткову інформацію (наприклад, ПІБ, стать, вік), а номер телефону там уже є. Йому залишається тільки підтвердити – і анкета відразу ж летить в CRM-систему, а на смартфоні або планшеті користувача відразу ж відкривається особистий кабінет. Такий сценарій полегшує взаємодія й підвищує ймовірність, що користувач стане учасником програми лояльності замовника.

Один великий клієнт системи Wi-Fi аналітики Shopster активно користується цим інструментом, але в цьому випадку відбувається не рекрутинг у програму лояльності, а наступне.

Тригерна платформа

Важлива синергія між продуктом аналітики й продуктом hotspot. Коли є зв'язування MAC адреса + номер телефону, далі система може працювати як **тригерна платформа**. Наприклад, візьмемо ювелірний магазин. Ми бачимо, що користувач проходить повз магазин з ювелірними прикрасами. Ми цю інформацію передаємо в CRM-систему замовника в режимі реального часу, і вона бачить, що такий номер є в базі й він часто купує ювелірні прикраси. Замовник розуміє, що він може комунікувати із цим користувачем: відправити SMS, наприклад, про наявні бонуси або повідомлення про закритий розпродаж. В підсумку потенційний покупець одержує цікаву пропозицію саме тоді, коли він проходить повз вітрину замовника. Виходить таке зв'язування програми лояльності, аналітики й hotspot.

При типовому сценарії SMS-ки з акціями майже завжди приходять не вчасно. Наприклад, ви будинку, а який-небудь відомий спортивний бренд надсилає SMS, про те, що на вашім рахунку скопилось 1000 бонусів і їх потрібно витратити до кінця вихідних. Навряд чи це спонукає вас зібратися, поїхати в магазин і щось купити. Ідея – зробити те, що зараз у світі інтернет-маркетингу називається «Супер Гео Комунікацією». Тобто система Wi-Fi аналітики працює як тригер – «ловить» MAC адресу й номер телефону користувача й передає в систему замовника. Останній же (якщо в нього є дозвіл) будує з користувачем комунікацію: відправляє SMS у потрібний момент.

Як це працює?

Устаткування TP-Link із прошиванням, установлене в різних магазинах і торгових центрах, ловить MAC адреси, які надалі передаються в розроблювальну в даній роботі систему, де відбувається розпізнавання по MAC адресі, який номер телефону йому належить. Заздалегідь сформований замовником текст SMS повідомлення від імені Wi-Fi.cntu.ua відправляється людині, що у певний момент проходить повз магазин. Імовірність «зачепити» минаючого повз людину істотно збільшується.

Інструмент сполучення онлайн з офлайн

Ще один новий продукт – інструмент сполучення онлайн із офлайн. Устаткування TP-Link разом із прошиванням стали містком, що з'єднує фізичний мир і мир інтернету. Не секрет, що в інтернеті всі сайти стежать за користувачами, вони вшають на них Cookie файли, а розроблювальна в даній роботі система збору аналітики від мережі Wi-Fi, ловить їх MAC адреси. Отож, розроблювальна в даній роботі система збору аналітики від мережі Wi-Fi, навчилася сполучати Cookie з MAC адресами: розроблювальна в даній роботі система збору аналітики від мережі Wi-Fi передає їх великим інтернет-площадкам, і розпізнавання відбувається на їхній стороні. От що це дає:

– Можна сформулювати більше чітке подання про інтереси й не тільки своєї цільової аудиторії.

– Можна оцінити ефективність інвестицій у рекламу (контекстна реклама, баннери й т.д.) – наприклад, конверсію від реклами в інтернеті. Раніше класичному офлайн-бізнесу це було досить складно зробити. Зараз Wi-Fi аналітика від розроблювальна в даній роботі система збору аналітики від мережі Wi-Fi може допомогти – за допомогою збору MAC адрес

в офлайн режимі, наприклад, можна виявити скільки людей з тих, хто подивився рекламу онлайн, відвідало офлайн-локацію, і багато чого іншого.

– Також ці дані можна використовувати з метою ретаргетинга – можна зібрати аудиторію, що прийшла в конкретний магазин, в один сегмент і надати її замовникові. Після цього замовник може дуже таргетовано або «Супер Гео» направити онлайн-комунікацію цим користувачам, затягти їх, стимулювати їхню зворотність і в такий спосіб розвивати лояльність. Це новий продукт, яким починають користуватися багато клієнтів.

Ще один продукт на стику мережного встаткування, ПЗ й Bluetooth технологій: у пристрій вставляється Bluetooth адаптер з модифікованим прошиванням, і з'являється можливість працювати з iBeacon або Eddystone, що забезпечує досить точну навігацію усередині приміщень (Indoor navigation).

Indoor navigation може існувати як самостійний продукт для відвідувачів (така навігація вже працює в одному із центральних ТРЦ Москви (клієнт розроблювальна в даній роботі система збору аналітики від мережі Wi-Fi)) або ж як допоміжне рішення для бізнесу (наприклад, трекинг персоналу).

Трекинг персоналу – це вузька потреба ритейла. У ритейлі затребувана консультаційна модель, тобто в магазині консультант повинен обов'язково поспілкуватися з відвідувачем для збільшення ймовірності покупки. Тому дуже важливо, щоб консультанти під час роботи перебували в торговельному залі, а не, скажемо, у підсобних приміщеннях або на складі. При впровадженні трекинг-системи ви побачите, де ходять співробітники, у яких зонах вони перебувають. Із цього вже можна будувати статистику. А ще можна запам'ятовувати маршрути відвідувачів через продуктові візки. На касі ж візок (а разом з нею й всю зібрану інформацію) можна однозначно «прив'язати» до номера клієнта в програмі лояльності, якщо він у ній бере участь. Це дає магазину ще більше шансів догодити своєму постійному клієнтові й заробити більше. У цьому випадку задіється вже більше серйозна математика: байєсовські фільтри, багато лінійної алгебри й машинне навчання.

Архітектура

Архітектура системи Wi-Fi аналітики розроблювальна в даній роботі система збору аналітики від мережі Wi-Fi складається із трьох шарів:

- Інфраструктурний. Він здійснює збір і відправлення даних. На цьому рівні важливо забезпечити контроль устаткування, достатню відказостійкість і моніторинг.
- Зберігання даних. Оскільки мова йде про роботу з більшим обсягом інформації, її потрібно правильно підготувати й коректно зберегти – щоб надалі швидко обробляти її.
- Бізнес-Логіки. Оскільки система має високу природну складність, важливо вміти коректно розраховувати складні аналітичні метрики на основі збережених даних.

Тепер самий час пройтися по основних компонентах системи.

Статистика та
аналітика з
програмного
забезпечення
системи збору
аналітики від
мережі Wi-Fi

Сервера
аналітики

Інтернет

Wi-Fi-датчики



Рисунок 1 – Структурна схема системи

Серверна частина рішення

Серверна частина являє собою сукупність кластерів зберігання даних, сервера із сервісами передобробки, а також окремі інструменти, що забезпечують цільову функціональність кожної частини рішення. При цьому використовуються як віртуальні, так і фізичні сервера в декількох незалежних дата-центрах (chipcore (селектел), firstDEDIC, firstVDS).

Такий розподіл потужностей важливо, тому що необхідно обробляти величезну кількість даних.

Апаратна частина

Всі рішення можливо реалізувати на базі навіть одного пристрою TP-Link.

В 95% проектів розроблювальна в даній роботі система збору аналітики від мережі Wi-Fi у ритейлі, торгових центрах і на об'єктах HoReCa (а це порядку 2500 пристроїв у Києві, Кропивницькому, містах-мільйониках і інших невеликих містах) використовується встаткування TP-Link.

Устаткування TP-Link, що ми використовуємо, має характеристики, що дозволяють працювати у всіх режимах без збоїв і стабільно. Зараз ми працюємо на моделях TP-Link EAP115, EAP110 лінійки Auranet. Тестуються рішення вуличного виконання SPE210 v.1 і EAP 110-Outdoor.

В устаткування TP-Link гарний термін служби – воно стабільно працює протягом тривалого часу.

В основі системи закладений цілий набір цікавих алгоритмів, починаючи від «розумної» калібрування об'єктів і закінчуючи алгоритмами Data-Mining. Навіть банальні, здавалося б, завдання на рівні формування й обробки технічних логів за фактом не такі вже і прості. Багато сил розроблювачів і апаратних ресурсів пристроїв витрачається на боротьбу із шумами й радіоперешкодами. Порядку 60-70% сигналів – це сміття, що не буде брати участь в «корисних» розрахунках. Wi-Fi аналітика й прибуток – синоніми. За допомогою Wi-Fi аналітики можна одержати унікальні аналітичні дані, унікальні інструменти продажів. Більше того, це недорого й застосовно в різних умовах.

Висновки. У статті наведені теоретичне узагальнення й рішення наукового завдання дослідження методів збору та обробки аналітики від мережі Wi-Fi. Рішення даного завдання полягало у вирішенні наступних задач:

- Був проведений огляд існуючих систем збору та обробки аналітики від мережі Wi-Fi.
- Досліджена система збору та обробки аналітики від мережі Wi-Fi.
- На основі отриманих результатів досліджень створена програмна реалізація системи збору та обробки аналітики від мережі Wi-Fi.

Розроблені алгоритми дозволяють успішно вирішувати завдання збору та обробки аналітики від мережі Wi-Fi. 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. Chulinda L., Smirnov O., Shapenko L., Ustynova I., Bohatiuk I., Kelyp S. «The role of innovation in ensuring the safety of international civil aviation». *CEUR Workshop Proceedings*, 2025, 4024, pp. 530–542.
3. Петрик В.М., Присяжнюк М.М., Аль-Файюмі Халед та ін. «Системи інформаційної зброї та технології інформаційної війни»: підручник / Петрик В.М., Присяжнюк М.М., Аль-Файюмі Халед, Жарков Я.М., Смірнов О.А., Буравченко К.О., Давидюк А.В., Кононович В.Г., Корчинский В.В., Кудирко В.М., Фесенко А.О.; за заг. ред. В.М. Петрика, М.М. Присяжнюка.– К.: Видавничий центр “Кафедра”, 2025.– 320 с.
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., Atzeni, G., Arnesano, M., Randieri, C., Smirnov, O. «Secure IoT-based smart wheelchair system: From implementation to security enhancement strategy». *Security and Privacy of Cyber Physical Systems Emerging Trends Technologies and Applications*, 2025, pp. 225–257.
7. Kuznetsov, O., Smirnov, O., Kuznetsova, T., Shaikhanova, A., Svatowsky, I. «Privacy-utility trade-offs in IoT networks: A comparative analysis of differential privacy mechanisms for sensor data aggregation». *Security and Privacy of Cyber Physical Systems Emerging Trends Technologies and Applications*, 2025, pp. 589–622.
8. 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.
9. Kuznetsov O., Frontoni E., Kuznetsova Y., Smirnov O., Moskovchenko I. «Trust-Based Security Architecture for Edge Computing: A Simulation Study of Dynamic Trust Evolution and Attack Detection». *CEUR Workshop Proceedings*, 2024, 3909, pp. 227–241.
10. Kuznetsov, O., Frontoni, E., Kryvinska, N., Chevardin, V., Smirnov, O. «Wireless Network Encryption Stream Ciphers, Computational Modeling, and Security Analysis». *Computational Modeling and Simulation of Advanced Wireless Communication Systems*, 2024, pp. 379–402.
11. Kuznetsov, O., Frontoni, E., Kryvinska, N., Smirnov, O., Imoize, G.L. «Computational Modeling of Enhanced Spread Spectrum Codes for Asynchronous Wireless Communication». *Computational Modeling and Simulation of Advanced Wireless Communication Systems*, 2024, pp. 403–447.
12. Ткаченко, О., Ільєнко, А., Улічев, О., Мелешко, Є., Смірнов, О. «Правові засади поширення інформаційних впливів в соціальних мережах». *Електронне фахове наукове видання «Кібербезпека: освіта, наука, техніка»*, 2024. № 2(26), С. 170–188.
13. Смірнова Т.В., Коноплицька-Слободенюк О.К., Буравченко К.О., Смірнов С.А., Кравчук О.В., Козірова Н.Л., Смірнов О.А. «Дослідження технологій забезпечення кібербезпеки хмарних сервісів IaaS, PaaS та SaaS». *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*. 2024. №4(24), С. 6-27.
14. Вінтенко, Б., Миронець, І., Смірнов, О., Кравчук, О., Козірова, Н., Савеленко, Г., Коваленко, А. «Дослідження вимог та аналіз кібербезпеки програмного забезпечення інформаційно-керуючих систем АЕС, важливих для безпеки». *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*. 2024. №3(23), С. 111-131.
15. Батрак О., Смірнова Т., Гнатюк В., Одарченко Р., Смірнов О. «Дослідження показників ефективності функціонування та перспектив розвитку систем IP-телефонії». *Підводні технології*, 2024, № 13, с. 28-35.
16. 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.
17. Akhalaia, G., Iavich, M., Iashvili, G., Prysiazhnyy, D., Smirnova, T. «Secure Encrypted Connection on Georgian

- Website». CEUR Workshop Proceedings, 2023, 3550, pp. 313-320.
18. 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
 19. 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.
 20. Kuznetsov, O., Kandy, 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.
 21. 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., Vuppalapati, 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.
 22. Смірнова Т.В., Гнатюк С.О., Бердибаєв Р.Ш., Сидоренко В.М., Жигаревич О.К., «Система корелювання подій та управління інцидентами кібербезпеки на об'єктах критичної інфраструктури». *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*, №3(19), 2023, С. 176-196.
 23. Смірнов О.А. Козлов Я.О., Смірнова Т.В. «Дослідження застосування SIEM-систем для забезпечення кібербезпеки та захисту інформації». II Міжнародна науково-практична Інтернет-конференція «Інновації та перспективні шляхи розвитку інформаційних технологій (ІПШРІТ-2023)» м.Черкаси 6 грудня 2023 року – Черкаси: ЧДТУ.– 2023. – С.251-252.
 24. Козлов Я.О., Смірнова Т.В., Смірнов О.А. «Дослідження SIEM-систем для забезпечення кібербезпеки». VII міжнародна науково-практична конференція “Інформаційна безпека та комп’ютерні технології” до 30-ти річчя кафедри кібербезпеки та програмного забезпечення, м. Кропивницький. 1 листопада 2023 р. – Кропивницький: ЦНТУ. – 2023. – С. 26.
 25. Козлов Я.О., Козірова Н.Л., Смірнов О.А. «Дослідження структури та принципу роботи SIEM-системи». VII міжнародна науково-практична конференція “Інформаційна безпека та комп’ютерні технології” до 30-ти річчя кафедри кібербезпеки та програмного забезпечення, м. Кропивницький. 1 листопада 2023 р. – Кропивницький: ЦНТУ. – 2023. – С. 59.
 26. Вінтенко Б.Ю., Смірнов О.А., Коваленко О.В., Смірнов С.А., Коваленко А.С. «Дослідження нормативних документів та галузевих стандартів розробки програмного забезпечення комп’ютерних систем управління АЕС, важливих для безпеки». *Системи управління, навігації та зв’язку*, 2023, вип. 2(72), С. 170-178.
 27. 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,
 28. 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.
 29. Смірнова Т.В., Гнатюк С.О., Сидоренко В.М., Юдін О.Ю., Сидоренко С.Ю., «Модель визначення критичності галузевих інформаційно-телекомунікаційних систем». *Проблеми інформатизації та управління*, № 2(70). 2022. С. 28-37.
 30. Смірнов О.А., Смірнова Т.В., Якименко Н.М., Смірнов С.А., Поліщук Л.І., «Дослідження стійкості до диференціального криптоаналізу запропонованої функції гешування удосконаленого модуля криптографічного захисту в інформаційно-комунікаційних системах» *Системи управління, навігації та зв’язку*, 2022, № 3(69). С. 93-98.
 31. Смірнов О.А., Смірнова Т.В., Якименко Н.М., Поліщук Л.І., Смірнов С.А. «Дослідження статистичної стійкості та швидкісних характеристик запропонованої функції гешування удосконаленого модуля криптографічного захисту в інформаційно-комунікаційних системах» *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: «Технічні науки»*, № 2 (307). С. 46-52. 2022.