

УДК 004.738.5:004.42

DOI <https://doi.org/10.32689/maup.it.2024.4.14>

### Максим КУНДОС

кандидат технічних наук, старший викладач кафедри інформаційних систем та обчислювальних методів, ПВНЗ «Міжнародний економіко-гуманітарний університет імені академіка Степана Дем'янчука», [Kundosm@gmail.com](mailto:Kundosm@gmail.com)

ORCID: 0009-0001-0310-357

### Людмила СОЛОВЕЙ

старший викладач кафедри інформаційних систем та обчислювальних методів, ПВНЗ «Міжнародний економіко-гуманітарний університет імені академіка Степана Дем'янчука», [lyuda\\_solovej@ukr.net](mailto:lyuda_solovej@ukr.net)

ORCID: 0009-0001-2832-1741

## WEB ДОДАТКИ У ЕКОСИСТЕМІ ІОТ

**Анотація.** Інтернет речей (IoT) є динамічною технологічною галуззю, яка охоплює численні сфери, включаючи промисловість, транспорт, охорону здоров'я, енергетику та сільське господарство. IoT дозволяє автоматизувати процеси та забезпечити ефективний обмін даними між різноманітними пристроями через мережу, створюючи інтегровані екосистеми.

**Мета.** Аналіз архітектури та функціональних можливостей Web-додатків в екосистемі IoT, визначення їх переваг та недоліків, а також розробка рекомендацій щодо подолання існуючих проблем.

**Методологія.** У статті розглядається концепція IoT, його архітектура, функціональні можливості та основні області застосування. Особливу увагу приділено IoT Web-додаткам, які виступають основним інтерфейсом взаємодії користувачів з IoT-системами, надаючи можливість дистанційного контролю, автоматизації процесів і аналітики даних у реальному часі. Представлено аналіз переваг та недоліків IoT Web-додатків, таких як зручність використання, інтеграція з різними системами, але також і проблеми, що виникають у вигляді ризиків безпеки, проблем із сумісністю та залежності від стабільного інтернет-з'єднання. Окремо розглядаються сучасні підходи для подолання існуючих проблем у використанні IoT Web-додатків, включаючи новітні технології, що підвищують безпеку, ефективність та знижують витрати, такі як блокчейн, Edge Computing та штучний інтелект.

**Наукова новизна.** У статті також підкреслюється важливість розробки єдиних стандартів для сумісності між пристроями різних виробників, що дозволить створювати ефективні та адаптивні IoT-системи. Запропоновані рішення мають на меті розширити використання IoT у повсякденному житті та бізнесі, сприяючи подальшій цифровій трансформації та підвищенню рівня автоматизації та продуктивності в різних галузях.

**Висновки.** Подальший розвиток технологій, таких як 5G і квантові обчислення, та різних систем захисту, відкриває нові перспективи для масштабування IoT-рішень, забезпечуючи більш швидкий і надійний зв'язок, який стане основою для створення ще складніших і потужніших IoT-екосистем.

**Ключові слова:** Інтернет речей, IoT, Web-додаток, архітектура IoT, автоматизація, безпека даних, екосистема.

## Maksym KUNDOS, Liudmyla SOLOVEI. IOT WEB APPLICATIONS IN THE ECOSYSTEM

**Abstract.** The Internet of Things (IoT) is a dynamic technology industry that spans numerous fields, including industry, transportation, healthcare, energy, and agriculture. IoT enables the automation of processes and the efficient exchange of data between various devices over the network, creating integrated ecosystems.

**The purpose of the work.** Analysis of the architecture and functionality of Web applications in the IoT ecosystem, determination of their advantages and disadvantages, as well as development of recommendations for overcoming existing problems.

**Methodology.** The article discusses the concept of IoT, its architecture, functionality and main areas of application. Special attention is paid to IoT Web-applications, which act as the main interface of user interaction with IoT-systems, providing the possibility of remote control, automation of processes and real-time data analytics. An analysis of the advantages and disadvantages of IoT Web applications is presented, such as ease of use, integration with different systems, but also the problems that arise in the form of security risks, compatibility problems and dependence on a stable Internet connection. Modern approaches to overcome existing problems in the use of IoT Web applications are separately considered, including the latest technologies that increase security, efficiency and reduce costs, such as blockchain, edge computing and artificial intelligence.

**Scientific novelty.** The article also emphasizes the importance of developing common standards for interoperability between devices from different manufacturers, which will allow creating efficient and adaptive IoT systems. The proposed solutions aim to expand the use of IoT in everyday life and business, contributing to further digital transformation and increasing the level of automation and productivity in various industries.

**Conclusions.** The further development of technologies such as 5G and quantum computing and various protection systems opens up new perspectives for scaling IoT solutions, providing faster and more reliable communication, which will become the basis for creating even more complex and powerful IoT ecosystems.

**Key words:** Internet of Things, IoT, Web application, IoT architecture, automation, data security, ecosystem.

**Постановка проблеми.** З розвитком IoT постає проблема інтеграції численних пристроїв у єдину ефективну систему, яка забезпечуватиме безперервний обмін даними, безпеку та ефективність роботи. Одним з ключових елементів цієї екосистеми є Web-додатки, що забезпечують користувачам можливість взаємодії з пристроями та аналізу отриманих даних.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Інтернет речей (IoT) є технологією, що швидко розвивається і все більше впливає на різні аспекти життя і бізнесу. Сучасні дослідження охоплюють питання інтеграції нових технологій, таких як 5G, блокчейн, а також розглядають їх використання в різних сферах, включаючи промисловість, енергетику та міську інфраструктуру.

Дослідники [1, 2] підкреслюють важливість інтеграції технології 5G з IoT-системами для підвищення їх продуктивності. Вони зазначають, що 5G значно підвищує швидкість передачі даних, зменшує затримки та покращує стабільність мережі, що особливо важливо для застосувань у реальному часі, таких як автономний транспорт, промислова автоматизація та інтелектуальне відеоспостереження.

Автори [5] розглядають, як IoT допомагає в управлінні міською інфраструктурою. Вони аналізують різні системи, які дозволяють контролювати освітлення, управління трафіком, водопостачання та збір відходів.

Дослідники [9] аналізують можливості використання блокчейн-платформ для децентралізованого управління доступом до IoT-пристроїв. Вони зазначають, що використання блокчейну дозволяє забезпечити надійний захист від несанкціонованого доступу та підробки даних завдяки незмінності записів і прозорості транзакцій.

Автори [6] висвітлюють використання IoT для управління електричними мережами. Вони підкреслюють важливість сенсорів та розумних лічильників для моніторингу споживання енергії та забезпечення безперебійної роботи електромереж.

Дослідники [7] охоплюють огляд застосування IoT у розумних містах, включаючи енергетику, транспорт та охорону здоров'я. Вони аналізують, як різні стандарти допомагають інтеграції IoT-систем, підвищують ефективність управління міськими ресурсами та сприяють розвитку.

Попри зусилля дослідників, деякі ключові аспекти залишаються відкритими для подальших досліджень. Актуальним залишаються питання забезпечення безпеки даних, що генеруються та передаються IoT-пристроями. Крім того, проблема високих витрат на впровадження та інтеграцію систем, складність налаштування різних протоколів зв'язку, а також необхідність забезпечення безперебійного підключення до мережі вимагають подальшого дослідження та розробки інноваційних підходів.

**Постановка завдання.** Здійснити аналіз архітектури та функціональних можливостей Web-додатків в екосистемі IoT. Розглянути сучасні технології для покращення безпеки, ефективності інтеграції та зниження витрат на розробку і впровадження IoT-систем.

**Виклад основного матеріалу.** Інтернет речей (IoT) – це мережа розумних пристроїв, які можуть спілкуватися один з одним через інтернет. Вони працюють автономно, без участі людини, збираючи і передаючи дані, що допомагає автоматизувати різні процеси в повсякденному житті та бізнесі.

Найбільш поширені терміни в цьому середовищі: Internet of Things device та Internet of Things ecosystem.

Internet of Things device або IoT-пристрої – це будь-які предмети, що можуть підключатися до інтернету для обміну даними. Такими можуть бути звичні побутові речі, як розумні лампи чи холодильники, промислове обладнання, медичні прилади (кардіостимулятори), або навіть сенсори, вживлені у сільськогосподарських тварин. Вони мають свої унікальні ідентифікатори, що дозволяє їм спілкуватися через мережу та виконувати свої функції автоматично або за командою.

Internet of Things ecosystem або Екосистема IoT – це комплекс всіх елементів, які роблять можливим функціонування таких пристроїв. Вона включає самі пристрої, мережі, які забезпечують передачу даних, програмне забезпечення для обробки інформації та інтерфейси, через які користувачі взаємодіють з системами. Все це працює разом, забезпечуючи безперервний обмін даними і можливість керувати пристроями незалежно від того, де вони знаходяться [4].

Архітектура систем IoT є складною та багаторівневою, оскільки IoT-системи об'єднують величезну кількість пристроїв. Для розуміння цього питання важливо розглянути архітектуру IoT-системи, що зазвичай складається з декількох основних рівнів [13]:

1. Фізичний рівень (рівень пристроїв або сенсорів) – цей рівень включає датчики, пристрої та будь-які інші об'єкти, підключені до мережі, які збирають дані. Пристрої можуть бути оснащені мікроконтролерами, сенсорами, які здатні збирати дані з навколишнього середовища та взаємодіяти з ним. Дані, зібрані на цьому рівні, надсилаються для подальшої обробки до вищих рівнів.

2. Мережевий рівень (рівень передачі даних) – цей рівень відповідає за передачу даних від пристроїв до центральної системи або до інших пристроїв через мережі зв'язку. Зазвичай включає різні типи

комунікаційних протоколів, такі як Wi-Fi, Bluetooth, LTE, 4G тощо. Основним завданням цього рівня є безпечне та надійне транспортування даних від сенсорів до систем зберігання або обробки.

3. Рівень «хмари» – зібрані дані зберігаються, обробляються та аналізуються. Зазвичай використовується хмарна інфраструктура, яка забезпечує доступність даних для аналізу з будь-якої точки світу. Тут працюють аналітичні інструменти, машинне навчання, штучний інтелект для отримання цінної інформації з необроблених даних.

4. Рівень бізнес-логіки – цей рівень займається представленням результатів обробки даних користувачам через веб-інтерфейси або мобільні додатки. Web-додатки на цьому рівні дозволяють користувачам отримувати доступ до даних та управляти IoT-системами в реальному часі. Даний рівень також включає інтеграцію з іншими системами, інтерфейси для користувачів (графічні інтерфейси, API).

Web-додатки відіграють важливу роль в екосистемі IoT, забезпечуючи зручний і ефективний інтерфейс для взаємодії користувачів з IoT-пристроями. Вони створюють міст між фізичними об'єктами, які збирають і передають дані, і користувачами, які можуть керувати цими пристроями, отримувати інформацію та аналізувати її [11, с. 53].

IoT надає можливість автоматизувати і покращувати процеси в різних галузях, використовуючи зібрані дані від підключених пристроїв.

Основні типи Web-додатків в екосистемі IoT надані в табл. 1.

Так ми бачимо, що Web-додатки в екосистемі IoT охоплюють різні сфери застосування – від розумних будинків до промисловості та фінансів [3].

Web-додатки дозволяють користувачам взаємодіяти з IoT-системами через стандартний веб-браузер, що забезпечує зручний доступ до інформації, віддалене управління пристроями. Користувач може переглядати інформаційні панелі (dashboard), що в реальному часі відображають дані, зібрані IoT-пристроями (температура, тиск, стан обладнання тощо).

Web-додатки дозволяють користувачам контролювати стан підключених пристроїв, наприклад, у розумних будинках (smart homes), промислових системах (IIoT), або транспортних системах. Вони надають можливість віддаленого управління – користувачі можуть змінювати налаштування пристроїв, керувати режимами роботи або запускати команди для виконання певних завдань.

Важливою частиною екосистеми IoT є аналіз даних, що генеруються пристроями. Web-додатки можуть надавати засоби для аналітики даних, візуалізації результатів та побудови прогнозів на основі машинного навчання або алгоритмів обробки великих даних. Інтеграція з хмарними платформами

Таблиця 1

Типи Web-додатків в екосистемі IoT

Тип Web-додатків	Світові типи	Типи в Україні	Функції
Керування розумними будинками та пристроями	Google Home, Amazon Alexa, Philips Hue, Samsung SmartThings	Ajax Systems, додатки для розумних розеток та ламп	Керування пристроями в розумних будинках, налаштування правил і взаємодії між пристроями
Промислові IoT додатки	Siemens MindSphere, GE Predix, IBM Watson IoT, Cisco Kinetic	Delfast (розробка електробайків з IoT-системами)	Моніторинг стану обладнання, аналіз продуктивності, прогнозне обслуговування
Розумні міста (Smart Cities)	Barcelona's Smart City Platform, Smart Dubai, Streetline, Cleverciti	Kyiv Smart City	Управління міською інфраструктурою, моніторинг трафіку, контроль якості повітря
Здоров'я та медицина (e-Health)	Teladoc, HealthTap, AliveCor, iHealth MyVitals	Helsi.me, Medics	Відстеження стану здоров'я пацієнтів, автоматичні сповіщення про необхідність медичного втручання
Логістика та транспорт	Fleet Complete, Samsara, Verizon Connect, Shipwell	Nova Poshta (трекінг посилок), Meest Express	Відстеження транспортних засобів, планування маршрутів, управління автопарком
Енергетика та управління ресурсами	Schneider Electric EcoStruxure, Enel X, GridPoint, SolarEdge	ДТЕК (моніторинг енергоспоживання)	Моніторинг енергоспоживання, управління електромережами, інтеграція з відновлюваними джерелами
Сільське господарство	John Deere Precision Ag, CropX, FarmLogs, Climate FieldView	AgroOnline, SmartFarming	Контроль вологості ґрунту, прогнозування погоди, управління системами поливу
Фінанси та банківська справа	PayPal, Stripe Radar, Square, FICO Falcon Fraud Manager	Portmone, iPay.ua	Забезпечення безпеки транзакцій, моніторинг і аналіз для виявлення підозрілих дій

(наприклад, Amazon Web Services, Microsoft Azure або Google Cloud) дозволяє Web-додаткам отримувати доступ до потужних обчислювальних ресурсів і аналізувати величезні масиви даних [10].

Web-додатки в IoT можуть інтегруватися з різними сторонніми сервісами через API, забезпечуючи ефективність у використанні та обмін даними між різними системами. Наприклад, Web-додаток може інтегруватися з CRM-системою, автоматизованими системами управління підприємствами (ERP) або логістичними платформами для оптимізації бізнес-процесів [8].

Важливою роллю Web-додатків є забезпечення безпеки доступу до IoT-систем, що включає шифрування даних, аутентифікацію користувачів, захист від несанкціонованого доступу до пристроїв [12].

Попри всі переваги, використання IoT Web-додатків також стикається з певними недоліками. Переваги і недоліки використання IoT Web-додатків надано в табл. 2.

Аналізуючи вище надану інформацію, ми бачимо, що IoT Web-додатки мають значні переваги, такі як ефективне управління ресурсами, автоматизація процесів, покращення якості послуг та зручність використання. Проте існують і недоліки, пов'язані з безпекою, високими витратами на розробку та впровадження, а також залежністю від стабільного інтернет-з'єднання. Розвиток IoT технологій повинен зосереджуватись на вирішенні цих проблем, щоб забезпечити надійність та безпеку роботи систем.

Таблиця 2

Переваги та недоліки IoT Web-додатків

Тип веб-додатків	Переваги	Недоліки
Керування розумними будинками та пристроями	Дистанційне керування побутовими пристроями, зручність налаштування автоматизації	Залежність від стабільного інтернет-з'єднання, ризики безпеки
	Можливість інтеграції різних пристроїв у єдину систему для зручності користувача	Можливість зломів і несанкціонованого доступу до пристроїв, проблеми з конфіденційністю
Промислові IoT додатки	Моніторинг виробничих процесів, прогнозне обслуговування для зниження простоїв	Високі початкові витрати на встановлення, складність інтеграції з існуючими системами
	Аналіз даних для підвищення ефективності виробництва, автоматизація процесів	Необхідність захисту даних, особливо у випадку чутливих виробничих процесів
Розумні міста (Smart Cities)	Оптимізація міської інфраструктури, покращення якості послуг для громадян	Проблеми з конфіденційністю даних, зокрема відеоспостереження в публічних місцях
	Моніторинг трафіку, управління освітленням і комунальними послугами в реальному часі	Високі витрати на встановлення та обслуговування інфраструктури, складність підтримки
Здоров'я та медицина (e-Health)	Віддалене моніторування стану здоров'я пацієнтів, швидке реагування на зміни	Питання захисту медичних даних, що потребують високого рівня безпеки
	Персоналізація лікування завдяки аналізу даних, автоматичне нагадування про ліки	Можливість витоку конфіденційної інформації, висока вартість технічного обслуговування
Логістика та транспорт	Оптимізація маршрутів і часу доставки, зниження витрат на паливо	Залежність від GPS і мобільного зв'язку, можливість втрати зв'язку
	Відстеження транспортних засобів у реальному часі, поліпшення логістичних процесів	Ризики безпеки, потреба в постійному оновленні програмного забезпечення
Енергетика та управління ресурсами	Ефективне управління енергоспоживанням, інтеграція відновлюваних джерел енергії	Високі витрати на впровадження, можливість помилок при інтеграції з іншими системами
	Зниження витрат на електроенергію, аналіз енергоспоживання для планування	Ризики безпеки даних, необхідність постійного моніторингу для забезпечення стабільної роботи
Сільське господарство	Контроль стану врожаю, автоматизація систем поливу, зменшення витрат	Залежність від погодних умов, вартість обладнання для автоматизації
	Оптимізація використання добрив і ресурсів, прогнозування врожайності	Необхідність підтримки інфраструктури, ризики збоїв у роботі систем автоматизації
Фінанси та банківська справа	Підвищення безпеки транзакцій, швидкий аналіз для запобігання шахрайству	Висока вартість інтеграції із системами запобігання шахрайству, складність налаштувань
	Зручний контроль фінансів, автоматизація обробки транзакцій для зниження витрат	Проблеми з безпекою фінансових даних, складність управління масштабними фінансовими операціями

На основі виявлених недоліків у використанні IoT Web -додатків в різних галузях, можна запропонувати наступні сучасні підходи та технології для їх подолання:

1. Підвищення рівня безпеки для розумних будинків та пристроїв:
    - впровадження технологій блокчейн для управління доступом та автентифікації, що забезпечить прозорість і незмінність даних та допоможе запобігти несанкціонованому доступу до розумних пристроїв;
    - кожен пристрій може мати унікальний ідентифікатор у блокчейн-мережі, що ускладнить злом або підробку пристроїв.
  2. Зменшення витрат на встановлення та інтеграцію для промислових IoT-додатків:
    - використання «Digital Twin» для моделювання та планування – це створення цифрових двійників (моделей) виробничого обладнання, що дозволить перевіряти процеси інтеграції, прогнозувати можливі збої і оптимізувати ресурси перед фізичним встановленням;
    - автоматизація процесів інтеграції з використанням штучного інтелекту допоможе автоматично налаштовувати підключення між різними системами та протоколами, що значно спрощує інтеграцію IoT-пристроїв у виробничі процеси.
  3. Подолання проблем конфіденційності та витрат для розумних міст:
    - застосування системи «Zero Trust» для забезпечення конфіденційності, що передбачає перевірку кожного пристрою чи користувача, що підключається до системи, навіть якщо вони перебувають всередині мережі;
    - використання модульного підходу до інфраструктури розумних міст дозволить поступово розгортати нові сервіси без необхідності повного переоснащення системи, що знижує витрати на обслуговування і підтримку.
  4. Підвищення рівня захисту та зниження витрат для e-Health:
    - розширене шифрування медичних даних з використанням алгоритмів ШІ, що допоможе детальніше аналізувати потоки даних для виявлення аномалій і автоматично шифрувати чутливі медичні записи перед їх зберіганням або передачею;
    - розробка «Federated Learning» для медичних додатків, що дозволить навчати моделі машинного навчання на розподілених пристроях, не переміщуючи дані до централізованих серверів.
  5. Підвищення надійності і зниження залежності для логістики та транспорту:
    - інтеграція з мережею 5G і підготовка до 6G для більш стабільного зв'язку;
    - використання обчислень на периферії (Edge Computing) зменшить залежність від постійного підключення до централізованого сервера, що дозволить виконувати критично важливі функції на місцевих пристроях, навіть якщо з'єднання з мережею тимчасово втрачається.
  6. Підтримка та інтеграція відновлюваних джерел енергії для енергетики та управління ресурсами:
    - розробка самовідновлюваних мереж з «туманними обчисленнями», які можуть самостійно переналаштовуватись і відновлювати роботу у випадку відмови окремих елементів, що знижує ризики збоїв та підвищує стабільність енергетичних систем.
  7. Підвищення ефективності управління та зниження ризиків для сільського господарства:
    - інтеграція технологій «Digital Twin» для моніторингу стану ґрунту та врожаю – це дозволить відстежувати стан полів, проводити аналіз впливу різних умов на врожайність і оптимізувати використання добрив та води;
    - використання автономних дронів і роботів для автоматичного збирання інформації, обприскування або збору врожаю зменшить залежність від погодних умов та підвищить ефективність роботи в полі.
  8. Підвищення безпеки транзакцій та зниження витрат для фінансів і банківської справи:
    - впровадження біометричних методів автентифікації, таких як розпізнавання відбитків пальців, обличчя або голосу, дозволяє забезпечити додатковий рівень захисту фінансових операцій;
    - штучний інтелект може аналізувати транзакції та виявляти аномалії, що можуть свідчити про спроби шахрайства, що дозволить швидко реагувати на загрози та зменшити кількість неправомірних транзакцій.
- Реалізація цих пропозицій дозволить значно покращити роботу Web-додатків в архітектурі IoT, підвищити їхню безпеку та ефективність, а також забезпечить легшу інтеграцію різних систем у єдину екосистему.

**Висновки.** Існуючі IoT-системи мають значний потенціал для автоматизації та покращення ефективності в різних галузях, проте стикаються з низкою проблем. Запропоновані технологічні рішення, такі як використання блокчейн для автентифікації та Edge Computing для локальної обробки даних, дозволяють значно знизити ризики втрати даних та забезпечити безперебійну роботу IoT-систем.

Застосування сучасних підходів до інтеграції IoT-пристроїв дозволяє знизити залежність від централізованих мереж та підвищити надійність передачі даних, що сприяє безпечній експлуатації систем та створює умови для подальшої цифрової трансформації суспільства, відкриваючи нові можливості для бізнесу та повсякденного життя.

**Список використаних джерел:**

1. A. K. M. Bahalul Haque et al. 5G and Internet of Things – Integration Trends, Opportunities, and Future Research Avenues. 5G and Beyond, Springer Tracts in Electrical and Electronics Engineering. С. 217–245. URL: [https://doi.org/10.1007/978-981-99-3668-7\\_11](https://doi.org/10.1007/978-981-99-3668-7_11)
2. Alhassan Jamilu Ibrahim, Abba Hassan, Abdulkadir Hassan Disina, Zahraddeen Abubakar Pindar The Technologies of 5G: Opportunities, Applications and Challenges. *International Journal of Systems Engineering*. 2021. 5(2), С. 59–68.
3. Atiko. Що таке IoT простими словами? URL: <https://www.atiko.com.ua/articles-ua/chto-takoe-iot-prostymi-slovami/>
4. Evergreens. Internet of Things: вступ і огляд можливостей. URL: <https://evergreens.com.ua/ua/articles/the-internet-of-things.html>
5. Hari Mohan Rai, Atik-Ur-Rehman, Aditya Pal, Sandeep Mishra, Kaustubh Kumar Shukla Use of Internet of Things in the context of execution of smart city applications: a review. *Discover Internet of Things* (2023) 3:8. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s43926-023-00037-2>
6. Jorge Cárdenas, David Menéndez Internet of Things: How the Electrical Grid can be controlled and managed in other dimensions. *The Journal of Engineering*. URL: [https://www.researchgate.net/publication/326510909\\_Internet\\_of\\_Things\\_How\\_the\\_Electrical\\_Grid\\_can\\_be\\_controlled\\_and\\_managed\\_in\\_other\\_dimensions](https://www.researchgate.net/publication/326510909_Internet_of_Things_How_the_Electrical_Grid_can_be_controlled_and_managed_in_other_dimensions)
7. Mostafa Zaman, Nathan Puryear, Sherif Abdelwahed, Nasibeh Zohrabi A Review of IoT-Based Smart City Development and Management. *Smart Cities* 2024, 7, С. 1462–1500. URL: <https://doi.org/10.3390/smartcities7030061>
8. Stfalcon. Як мобільні додатки впливають на інтернет речей. URL: <https://stfalcon.com/uk/blog/post/internet-of-things-apps>
9. Yunus Kareem, Djamel Djenouri, Essam Ghadafi A Survey on Emerging Blockchain Technology Platforms for Securing the Internet of Things.
10. Zdnet. What is the IoT? Everything you need to know about the Internet of Things right now. URL: <https://www.zdnet.com/article/what-is-the-internet-of-things-everything-you-need-to-know-about-the-iot-right-now/>
11. Джерелейко А. О., Яковенко Н. Д., Марченко Г. В., Аташкаде Р. В. IoT у сучасному веб-розробленні. *Наука, експлуатація, виробництво*. ЗВ'ЯЗОК, № 2, 2021. С. 53–55.
12. Пановик У. П. Стандартизація інтернету речей: сучасний стан та перспективи розвитку. *Технічні науки. Поліграфія і видавнича справа*. 2023. 1 (85). С. 51–64
13. Школа Автоматики. Лекція 1. Основи Інтернету Речей. URL: <http://edu.asu.in.ua/mod/book/view.php?id=112&chapterid=230>