

Потапенко С.Д.,

к.е.н., доцент кафедри системного аналізу та кібербезпеки,
КНЕУ ім. В. Гетьмана,

Potapenko S.D.,

Candidate of Economic Science, Associate Professor at
the Department of Systems Analysis and Cybersecurity,
KNEU named after V. Hetman,

РИНОК ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ В УКРАЇНІ: ПИТАННЯ БЕЗПЕКИ, ПРИКЛАДИ ВПРОВАДЖЕНЬ, ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

INTERNET OF THINGS MARKET IN UKRAINE: SECURITY ISSUES, IMPLEMENTATION EXAMPLES, DEVELOPMENT PROSPECTS

Анотація. Інтернет речей (IoT) є ключовою інформаційною технологією, яка активно формує глобальний розвиток інформаційних сервісів. Україна є активним учасником цього процесу, що підтверджується динамічним розвитком спеціалізованого ринкового середовища та прискореним створенням умов для надання відповідних послуг. З метою демонстрації відповідності України світовим тенденціям та наявності передумов для сталого розвитку цих технологій у країні, в статті представлено результати відповідних досліджень. Реалізація можливостей IoT суттєво впливає на розвиток промисловості, освіти, транспорту, охорони здоров'я, сільського господарства, а також сприяє впровадженню концепцій «розумного міста», «розумного дому» та інших смарт-технологій. Загалом, розвиток IoT можна вважати каталізатором цифрової трансформації, впровадження інновацій у повсякденне життя та підвищення конкурентоспроможності будь-якої держави — це твердження повною мірою стосується й України. У статті розглянуто законодавче забезпечення IoT в Україні та охарактеризовано особливості формування відповідного ринкового середовища. Зокрема, описано діяльність компаній, які працюють у сфері надання IoT-послуг в Україні, зазначено особливості їх сервісів і властивості створюваних ними продуктів. Досліджено розвиток каналів зв'язку, які використовуються в IoT, з акцентом на впровадження нових стандартів мобільного зв'язку та їх вплив на якість надання послуг M2M. На основі статистичних даних щодо особливостей надання мобільного зв'язку побудовано економіко-математичні моделі тенденцій розвитку клієнтської бази та підключень, пов'язаних з IoT. Відзначено виявлені тренди розвитку та важливість подальших досліджень у цій галузі.

Ключові слова: законодавство IoT, ринок IoT, IoT-послуги, споживачі IoT, комунікаційні взаємодії, смарт-пристрої, перспективи IoT.

Abstract. The Internet of Things (IoT) is an important information technology that actively influences the development of information services today on a global scale. Ukraine is an active participant in this process, as evidenced by the active development of a specific market environment and the intensive development of

conditions for the provision of relevant services. In order to reflect compliance with general global trends and the presence of prerequisites for the sustainable development of these technologies in our country, the materials of this article are offered for consideration, which are the result of the relevant research. The implementation of IoT capabilities significantly affects the development of industry, education, transport, healthcare, agriculture, and contributes to the development of the concept of a smart city, smart home, and other various smart things. The development of IoT, in general, can even be considered a kind of catalyst for the digitalization of the economy, the development of the introduction of innovations into everyday life, and the increase in the competitiveness of any country. The latter fully applies to the level of development of Ukraine as well. The article provides information on the laws on IoT in Ukraine and describes the features of the development of the relevant market environment. In particular, the article describes the activities of companies specializing in the provision of IoT services in Ukraine. The features of the services provided by them are noted. The properties of IoT products developed by them are described. The features of the development of communication channels used for IoT are studied. In particular, the importance of implementing new mobile communication standards and their impact on the quality of M2M service provision is separately noted. Based on statistical data on the features of the provision of mobile communication services, economic and mathematical models of trends in the development of the corresponding client base and connections related to IoT are built. The trends of such development and the importance of further research in this area are noted.

Keywords. IoT laws, IoT market, IoT services, IoT consumers, communication interactions, smart devices, IoT prospects.

Інтернет речей (ІоТ) є важливою інформаційною технологією, яка у глобальних масштабах активно впливає на розвиток інформаційних послуг сьогодні. Україна є активним учасником даного процесу, про що свідчить активний розвиток специфічної ринкової кон'юнктури та інтенсивна розбудова умов надання відповідних послуг. Рівень ефективного функціонування та взаємодії ІоТ обумовлюється рівнем технологічного розвитку сучасних засобів ІоТ, які сприяють підвищенню ефективності автоматизації різноманітних бізнес-процесів та забезпечують комфорт і зростання якості життя сучасного суспільства. Можливості ІоТ передбачають об'єднання специфічних технічних пристроїв, датчиків, сенсорів та програмного забезпечення, що їх обслуговує, у спільні мережі з метою централізованого збирання, оброблення та використання оперативної інформації в реальному масштабі часу та формування передумов розвитку ринку ІоТ.

З метою відображення відповідності загальним світовим тенденціям та наявності передумов сталого розвитку даних технологій у нашій державі до розгляду пропонується матеріал даної статті, який є результатом виконання відповідного дослідження.

Впровадження можливостей ІоТ істотно впливає на розвиток промисловості, навчання, транспорту, охорони здоров'я, сільського господарства, сприяє розвитку концепції розумного міста,

розумного будинку та інших різноманітних розумних речей та технологій. Розвиток IoT, в цілому, можна навіть вважати своєрідним каталізатором цифровізації економіки, розвитку впровадження інновацій у повсякденне життя та підвищення конкурентоспроможності будь-якої країни. Останнє у повній мірі стосується розвитку і нашої держави.

Важливим фактом розвитку концепції IoT в Україні є наявність законодавчих ініціатив у напрямі розвитку IoT, перші з яких датуються 2011 роком [1]. На момент підготовки матеріалу даної статті, на сайті Верховної Ради України розміщено 32 зареєстрованих документа де у тексті згадується термін «Інтернет речей» серед яких дванадцять документів є постановами Кабінету Міністрів України різного характеру, шість розпоряджень, сім наказів серед яких наказ про запровадження у нашій країні Державного стандарту 30141:2019 «Інтернет речей. Еталонна архітектура», два урядових рішення та інші документи.

Однією з важливих рис готовності до впровадження інноваційних інформаційних технологій є наявність гравців на національному ринку відповідних послуг, які здійснюють свою діяльність у відповідності до напрямку, який досліджується. Станом на 2024 рік в Україні можна відмітити наявність державних ініціатив відповідного спрямування, а також діяльність деяких національних компаній сферою інтересів яких є розвиток ринку IoT. Хоча кількість таких компаній не є значною — спектр послуг, який ними надається, вражає. Розглянемо особливості реалізації деяких проектів.

Наприклад, компанія Wezom з 2000 року пропонує послуги з розроблення різноманітних програмних рішень серед яких, останнім часом, є напрям застосування IoT. Основний акцент компанія робить на індивідуальному підході до потреб кожного окремого користувача, а саме: здійснюється консалтинг у сфері застосування IoT з метою формування стратегії майбутнього впровадження, обрання апаратних та програмних технологій реалізації бізнес ідей у сфері IoT, формування відповідної бізнес платформи [15]. Застосування IoT розглядається не лише як створення та використання відповідних засобів, а і як формування відповідної інфраструктури — створення комплексних архітектурних рішень застосування IoT, оцінювання надійності, масштабованості, можливості інтеграції з засобами, які вже існують і активно використовуються на практиці. З метою ефективного управління рішеннями у сфері IoT надаються послуги зі створення окремих мобільних додатків та додатків для окремих робочих станцій. Сам же процес розроблення додатків з управління IoT проходить такі

етапи як проектування, прототипування, програмування, тестування тощо. Завдяки власним комплексним рішенням здійснюється ефективний збір, аналіз, візуалізація процесу оброблення даних з метою якісної реалізації комунікації як між засобами IoT та користувачем так і окремо між засобами IoT. Застосовуються комплексні заходи з вчасного виявлення та усунення інформаційних загроз та кібератак. У процесі реалізації рішень у сфері IoT використовуються та активно залучаються у процес інформаційного обміну такі сучасні гаджети як смарт-годинники, смарт-окуляри, смарт-одяг та інші різноманітні аксесуари. Також здійснюється інтеграція запропонованих рішень з системами розумного будинку, розумного автомобіля тощо.

Компанія Skok Agro успішно застосовує у практиці сільськогосподарського виробництва різноманітні датчики, сенсори та інші автоматизовані модулі IoT для управління процесом обслуговування посівних площ, що суттєво впливає на економію фінансових, часових та інших ресурсів аграріїв [18]. З 2019 року дана компанія активно впроваджує власні проектні рішення реалізації вирішення задач точного землеробства — зокрема, розвиваючи платформу порталу агронома, яка дозволяє створювати електронні карти посівних площ та здійснювати віддалений моніторинг таких параметрів як потенційний рівень родючості ґрунту з GPS прив'язкою, вимірювання швидкості вітру, визначення вологості та температури повітря тощо. Окремим етапом застосування рішень, що пропонуються, є формування електронних карт розподілу елементів живлення на окремих ділянках полів. Таку карту можна використовувати для забезпечення процесу прийняття ефективних управлінських рішень з метою формування завдань своєчасного диференційованого внесення добрив. Останнє є важливим оскільки для ефективного використання добрив необхідно проводити своєчасне дослідження агрохімічних показників ґрунту посівних площ. У порівнянні з традиційними методами відбору ґрунтових проб за допомогою ручних бурів та інших засобів, проектні рішення даної компанії є менш трудомісткими, оперативними та менш вартісними у своїй реалізації. Портал агронома має розвинені можливості інтеграції з системами автоматизації господарського обліку, такими як: BAS, Віалон, ГлобалГіс та іншими. Крім того пропонуються рішення з автоматизації процесу відбору та аналізу рівня твердості ґрунту з фіксацією результатів на окремому сервері у відповідності до координат точок замірів з прив'язкою до карти та контуру посівних площ. При цьому кожному зразку надається свій власний унікальний QR-код. У подальшому

формуються автоматизовані звіти та здійснюється їх автоматичне розсилання відповідальним на місцях агрономам для подальшого планування роботи техніки виходячи з точних даних, які збережені у централізованій базі даних проекту. Також можна перевірити кожну точку виміру де, коли і ким вона була зроблена, а також стан виконання робіт, які пов'язані з нею. Остання особливість відкриває широкі можливості до створення ефективної системи електронного документообігу виводячи на якісно інший рівень ефективне землеробство у нашій країні.

Компанія KONE, яка з 2008 року має своє представництво в Україні, та спеціалізується на наданні послуг з виробництва та експлуатації ескалаторів та ліфтового обладнання розвиває свої рішення із застосуванням можливостей IoT, зокрема, завдяки реалізації технології People Flow, яка є власною розробкою компанії. Так у своїх прес-релізах компанія наголошує на важливості застосування технологій, що революціонізують управління комерційною нерухомістю саме через застосування можливостей IoT. Усвідомлюючи потенціал даних рішень, KONE, у партнерстві з компанією IBM, активно застосовує рішення 24/7 Connected Services платформи Watson IoT. Віддалені датчики, що прикріплені до ліфтового обладнання, використовуються для збору інформації у реальному часі в хмарну мережу KONE, а потім отримані дані обробляються за допомогою платформи Watson IoT. Таке технологічне рішення допомагає вчасно виявляти закономірності, які можна використовувати для покращення обслуговування потоку пасажирів, зрозуміти робочий стан обладнання та навіть організувати його попереднє віддалене обслуговування до того, як можуть виникнути технічні проблеми з ним [26].

Компанія DEPS, разом з міським комунальним підприємством Хмельницькводоканал, у 2024 році розпочали впровадження технологій із застосуванням засобів IoT, які направлені на розбудову інфраструктури сучасного міста. Зокрема, через реалізацію проекту застосування можливостей IoT на основі мережі LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) у місті Хмельницький. Таке нововведення дозволило підприємству, яке обслуговує мережу водоканалу міста, ефективно збирати, архівувати та аналізувати дані споживання води з загально-будинкових і квартирних лічильників. Дана цільова програма цифрової трансформації міста у перспективі дозволить і іншим комунальним службам використовувати отримані напрацювання для дистанційного збору даних з лічильників тепла, електроенергії та інших засобів. Спектр послуг при цьому стосується як розроблення проекту технічного рішення,

постачання обладнання та програмного забезпечення так і інтеграції різних типів датчиків, навчання персоналу та користувачів застосувати нову технологію [7]. Подібні рішення цілком обумовлені вимогами сьогодення та рівнем можливостей розвитку сучасних інформаційних технологій. Очевидно, що розвиток комунальної галузі вимагає дотримання точності вимірів, своєчасної подачі показників та автоматизації даного процесу. Лічильники електроенергії, газу та води з підтримкою технології LoRaWAN стають важливою технологічною новацією і забезпечують можливість організації точного та оперативного моніторингу споживання відповідних ресурсів. Такі лічильники в Україні вже у найближчому майбутньому дозволять впроваджувати надійні масштабовані рішення для комунальних служб, домогосподарств і промислових підприємств.

Компанія PNN Soft з 2001 року надає послуги зі створення різноманітного програмного забезпечення, зокрема із застосування IoT в управлінні логістичними процесами. У практиці компанії, пристрої IoT широко використовуються для автентифікації та відстеження перевезень за допомогою GPS, отримання кращої видимості ланцюга постачання та аналізу умов зберігання та інших задач [27]. Особлива увага приділяється вирішенню таких важливих питань як: автентифікації місцезнаходження продукції, що перевозиться; швидкому пошуку необхідних продуктів; оптимізації формування оптимальних маршрутів перевезень; відстеженню стану роботи транспортних засобів; аналізу умов здійснення перевезень; передбаченню потреб у здійсненні технічного обслуговування; контролю стану товарів під час транспортування; автоматизованому моніторингу процесу перевезень та здійсненню своєчасних операційних втручань із можливістю застосування засобів зворотного зв'язку.

Наданням послуг зі створення різнопланових рішень із застосуванням IoT в Україні займається компанія PandaTeam. Досвід компанії стосується широкого спектру послуг, що пов'язані з IoT [20]. Компанія пропонує послуги з розроблення додатків розумного будинку маючи на меті забезпечення сумісності відповідних технологій, вирішення питань безпеки, підвищення функціональної надійності, забезпечення зручності використання, підвищення енергетичної ефективності споживання комунальних послуг та інших задач. Пропонуються послуги з розроблення рішень для розумного міста, які мають на меті поліпшення якості життя, підвищення економічної ефективності, забезпечення екологічної стійкості, підвищення безпеки життєдіяльності населення міста. Пропонуються послуги з розроблення рішень із застосуванням промислових IoT (IIoT) для підвищення якості відповідних бізнес-

процесів приділяючи увагу питанням ефективної інтеграції з існуючими інформаційними системами, враховуючи тенденції розвитку сучасних виробничих процесів, із застосуванням засобів штучного інтелекту, здійснення моніторингу за операційною діяльністю підприємства тощо. Особлива увага приділяється напряму розроблення рішень із застосуванням медичних IoT (IoMT) у питаннях охороні здоров'я — розробленню обладнання моніторингу стану здоров'я пацієнтів, створенню розумних медичних пристроїв, поліпшенню якості медичної допомоги та підвищенню її ефективності. Рішення даної компанії із застосуванням IoT у сільському господарстві направлені на збільшення врожайності, зниження витрат ресурсів, поліпшення якості сільськогосподарської продукції, зниження трудових витрат, зменшення економічних ризиків, підвищення стійкості показників врожайності до змін кліматичних умов тощо. Серед рішень даної компанії є також напрям застосування IoT для транспорту та логістики. Зокрема, увага приділяється особливостям застосування датчиків та пристроїв транспортного моніторингу, розвитку платформи віддаленого управління перевезеннями, організації ефективних систем зв'язку та мереж передачі даних, розвитку аналітичних інструментів та відповідного програмного забезпечення, застосуванню можливостей хмарних сервісів тощо.

Ефективні рішення у галузі безпеки є метою діяльності Української компанії Ajax Systems. Компанія була заснована 2011 року у місті Києві. Крім України дане підприємство має власні виробничі потужності в інших країнах світу та активно розвивається. З 2016 року продукція компанії представлена на ринках країн Західної Європи, а з 2022 року у країнах Північної та Південної Америки та в інших країнах світу. Система Ajax є брендом даного підприємства та є представником ефективних сучасних системи безпеки з можливостями інтеграції в екосистему розумного будинку. Обсяг клієнтської бази компанії сягає 2.5 мільйонів користувачів по всьому світу. Підприємство активно розвивається адаптуючи свою продукцію до нових викликів. Так у 2023 році компанія започаткувала ряд програм з виробництва продукції метою використання якої є вирішення задач автоматизації комфорту. Як зазначається в інформаційних повідомленнях компанії було виготовлено партії розумних датчиків якості повітря та вимикачів і розеток для керування освітленням та роботою електроприладів. Основними пріоритетами розвитку компанії є активне інвестування у навчання, підтримку ефективного зростання, забезпечення комунікацій. Основними напрямки діяльності компанії є розвиток наступних категорій послуг: систем доступу, систем пожежної

безпеки, забезпечення комфорту через автоматизацію побутових задач, організація та інтеграція систем відеоспостереження. Спектр послуг охоплює використання як дротових так і бездротових технологій. В цілому, кожний з напрямків дана компанія характеризує як окремі всесвіти, а процес системної інтеграції її послуг як своєрідний мультивсесвіт з комплексом відповідних технологічних рішень. У 2023 році компанія ініціювала проведення комплексного міжнародного заходу Ajax Business Day у Великій Британії, Німеччині, Австрії, Швейцарії, Італії, Франції та Австралії де було проведено відповідні бізнес-презентації, що дозволило об'єднати зусилля майже 450 компанії, які є бізнес-партнерами Ajax Systems у інших країнах. Також започатковано захід Ajax Road Show, який набув властивості регулярного. Мета даної ініціативи — підтримування актуальності знань про нову продукцію та послуги серед професійної аудиторії споживачів. З метою впливу на розвиток ринкової кон'юнктури компанії запропоновано ініціативу Ajax Academy — запуск проведення сертифікаційних курсів для партнерів за напрямками: Basic, Baseline Intrusion, Outdoor Security Solutions, Fibra Product Line, PRO Desktop, Sales Hero та Fire Detection. У діяльності Ajax Academy активно використовуються презентації, вебінари та різноманітні відеокурси. Крім того у 2022 році було започатковано розвиток платформи Partner Portal метою якої є розвиток відносин з кожним партнером через автоматизацію відповідних бізнес-процесів, централізоване збирання, зберігання та використання різноманітних маркетингових матеріалів та оптимізацію використання каналів комунікацій під час реалізації різноманітних бізнес-проектів. Як зазначається у звіті компанії — у 2022 році платформа Partner Portal охоплювала 200 користувачів з 3 країн світу, а у 2023 році — 7700 користувачів з 42 країн. У 2023 році компанія підтвердила своє міжнародне визнання отримавши такі престижні винагороди як: Security & Fire Excellence Awards 2023 — нагорода від британської спільноти з безпеки; GIT Security Award 2024 Winner — щорічна премія видавництва Wiley-VCH Publishing, яку присуджують за продукти з найкращими інноваціями, досвідом користування та унікальною пропозицією на ринку; PSI Premier Awards 2023 — щорічна премія від журналу Professional Security Installer, яку присуджують за досконалість та інновації в галузі безпеки; SecurityInfoWatch.com Readers' Choice Awards — щорічна відзнака 15 нових і найбільш ефективних продуктів із різних категорій у галузі безпеки; Australian Security Industry Awards 2023 — щорічна премія Австралійської асоціації індустрії безпеки за винятковий внесок в

охорону та безпеку в Австралії та багато інших відзнак. В Україні компанія бере активну участь у цільових загальнодержавних програмах. Зокрема, у 2023 році компанія долучилась до двох соціально значущих проєктів — проєкту «Безпечна школа» на основі впровадження системами Ajax у 433 школах у місті Києві та автоматизації доступу до понад 1000 укриттів по всій країні [14].

Можливості IoT активно застосовуються в Україні у медичній сфері. Так українська компанія Ромсат у співдружності з канадською компанією Tektelic пропонує організовувати універсальний моніторинг параметрів приміщень медичних установ та стану здоров'я пацієнтів на базі технології LoRaWAN з використанням обладнання та програмного забезпечення від виробника Tektelic [21]. Компанія Tektelic є одним зі світових лідерів у галузі застосування рішень IoT з використанням мережевого протоколу LoRaWAN на великих відстанях та має власні представництва у США, Великобританії, Бразилії, Франції, Німеччині, Сінгапурі, Китаї та в Україні [28]. Компанія Ромсат була заснована у 1994 році та спеціалізується на багатопрофільній проєктній дистрибуції телекомунікаційного обладнання, зокрема IoT, від провідних світових брендів на території України, а також Грузії та Болгарії. Напрямом впровадження IoT у сфері медицини є: моніторинг температури місць зберігання фармацевтичних засобів; моніторинг стану здоров'я пацієнтів; керування медичними інцидентами; відстеження місць знаходження предметів та обладнання. Так моніторинг температури місць зберігання фармацевтичних засобів проводиться з метою усунення ризиків погіршення якості процедури зберігання фармакологічних продуктів через порушення умов зберігання — зокрема, температурних показників та рівня вологості повітря. Моніторинг стану здоров'я пацієнтів здійснюється через застосування датчиків вимірювання температури тіла, частоти дихання, частоти серцевих скорочень, розширень грудної клітини, детекції кашлю тощо. Для вирішення задач керування інцидентами пропонується використання різноманітних засобів комунікації та зворотного зв'язку у системі «пацієнт-лікар». Відстеження місць знаходження медичних предметів та обладнання здійснюється через застосування специфічних датчиків з вмонтованими сенсорами руху. Таким чином, комплекс засобів IoT, що пропонується, дозволяє формувати технічну основу для розвитку ефективної інформаційної системи управління діяльністю медичного закладу.

Можливості IoT мають значні перспективи застосування у військовій сфері. Зокрема у [23] відзначається, що сучасні алгоритми

прийняття військових рішень потребують оперативної інформації для планування різноманітних військових операцій, що включають у себе необхідність отримання інформації через збір, оброблення та передачу даних з різноманітних датчиків та сенсорів. Зацікавленість до цього напрямку є світовим трендом. Зокрема, у світі з 2019 року проводяться науково-технічні дослідження за напрямом «Військове застосування Інтернету речей», метою яких є визначення можливостей та потенційних ризиків військового застосування даних технологій. Відзначається, що сферами військового застосування IoT є: логістика; системи управління вогнем; військова підготовка; моніторинг здоров'я; енергоменеджмент, як елемент розвитку концепції «розумних військових баз»; технічні засоби розвідки. Важливим є напрям використання IoT під час військових навчань. Так в умовах віртуальної реальності можна моделювати різні бойові ситуації, досліджувати під час військових навчань положення і фізіологічний стан солдатів, оцінювати рівень ефективності тактичних та стратегічних рішень. Отриману таким чином відео- та аудіо- інформацію можна збирати, систематизувати, оцінювати та використовувати, за потреби, у процесі навчань повторно. Під час військових навчань у реальних умовах активно застосовуються оснащені відповідним чином спеціальні шоломи із вбудованими датчиками для виявлення струсів та інших травм. Інтелектуальні телеметричні пристрої здійснюють моніторинг стану здоров'я та надання першої медичної допомоги, що є важливим за умови ускладненого доступу медичного персоналу до місць проведення військових дій. Важливою є задача ефективного управління військовою інфраструктурою. Зокрема, формування та розвитку концепції «розумних військових баз», які є специфічним продовження розвитку концепцій «розумних міст» та «розумних будинків». Суттєва увага у зазначених дослідженнях приділяється питанням інформаційних загроз — захисту відповідних сенсорів та датчиків та їх авторизації. Також особливо відмічається питання можливих вразливостей систем IoT у військовій сфері та пропонуються методи усунення даних загроз. Крім іншого у даній публікації, зокрема, відмічається, що розвиток IoT у військовій сфері є невід'ємною частиною цифровізації життя сучасного технологічного суспільства і Україна є активним учасником даного глобального процесу.

Реалії останніх років формують особливі умови до організації освітнього процесу у навчальних закладах України. Так, як зазначається у [16], у 2016 році компанією «Microsoft Україна» було запропоновано до реалізації інноваційний проект «Школа SMART»

за програмою «Партнерство в навчанні». Головною метою даного проекту є втілення у життя концепції розвитку IoT, за допомогою різноманітних засобів мікроелектроніки. Проект започаткувала група «Відкрита школа: Хмарні сервіси в освіті» закликавши педагогів-новаторів згуртуватися навколо ідеї створення «Школи SMART». Завдяки такій ініціативі, концепція «розумних шкіл» в Україні — це вже не перспектива далекого майбутнього, а реальності сьогодення. Впровадження проекту «Школа SMART» дозволило ефективно впровадити пристрої IoT як для власних потреб окремих викладачів та учнів так і для потреб навчальних закладів в цілому. До реалізації проекту приєдналося 10 навчальних закладів з різних куточків нашої країни. Зокрема, відповідні проекти активно впроваджуються у регіональних школах: Здолбунівській гімназії; Вишнівчицькій загальноосвітній школі та інших.

Цікавий досвід застосування IoT у навчальному процесі 2024 року у своїй статті [8] описують фахівці Яготинського будинку дитячої та юнацької творчості Яготинської міської ради. Зокрема у даній публікації показані переваги впровадження IoT та веб-розробок у навчальний процес, а також наданні практичні рекомендації щодо їх ефективного впровадження у позашкільних освітніх програмах. Відзначається особливості застосування IoT під час проведення інтерактивних занять, під час проведення різноманітних навчальних експериментів у режимі реального часу, виконання командної проектної роботи, формування особистісної зв'язності з навчальними матеріалами, які вивчаються, обґрунтовується важливість формування міждисциплінарного підходу за умови використання технологій, які розглядаються. Як результат успішного використання IoT у навчальному процесі відзначається збільшення зацікавленості вихованців до навчального матеріалу, збільшення впливу на розвиток креативності та проблемного мислення, формування сприятливих умов розвитку майбутніх професійних якостей у осіб, що навчаються тощо. Серед методів впровадження IoT у навчальний процес відзначено важливість створення учнівських проектів з використанням мікроконтролерів та сенсорів, активного використання онлайн-курсів та ігрових платформ, розвитку учнівської спільноти та обмін досвідом через проведення хакатонів та різноманітних конкурсних змагань. Разом з тим відзначаються і важливі проблемні питання, а саме: недостатня доступність відповідного обладнання та програмного забезпечення; наявність специфічних викликів у процесі навчання та підтримці педагогів; важливість забезпечення безпеки та приватності у зв'язку з активним використанням IoT у навчальній діяльності.

Крім іншого важливим фактором перспектив розвитку IoT в Україні є активна модернізація навчальних планів підготовки майбутніх фахівців рівня молодших бакалаврів, бакалаврів та магістрів у вищих навчальних закладах — включення до обов'язкових та вибіркових компонент тематичних дисципліни з напрямом у сфері IoT. Загалом зазначений факт в останні роки є своєрідним державним трендом для нашої країни.

Крім іншого в Україні активно розвивається сегмент напряму промислового застосування IoT, де основний наголос здійснюється на контролі та управлінні виробничими процесами в режимі online. Так компанія ELIUS-M, яка працює на ринку України з 2008 року, пропонує послуги зі створення автоматизованих систем керування технологічними процесами та підборі оптимальних апаратних та програмних компонент, що необхідні для цього [10]. Компанія розробляє ефективні алгоритми керування програмованими логічними контролерами, створює прикладне програмне забезпечення, яке входить до складу систем диспетчерського контролю та збору даних. Має власну технологічну лінію з виготовлення щитів керування технологічними процесами, здійснює пуско-налагоджувальні роботи та інше.

Підприємство МІКРОЛ з 1991 року займається виробництвом та технічним обслуговування пристроїв автоматизованих систем вирішуючи вирішення завдання в області промислової автоматизації, локальних та розподілених систем збору і обробки даних [8]. Продукцією підприємства є мікропроцесорні контролери, технологічні індикатори, прилади технологічної сигналізації, блоки автоматичного регулювання, блоки комутації, блоки перетворення сигналів, мікропроцесорні лічильники та різноманітне програмне забезпечення. Крім того, компанія пропонує комплексний спектр послуг у галузі промислової автоматизації.

З 2003 року на ринку України працює підприємство Indusoft-Ukraine, яке спеціалізується на цифровій трансформації промислових підприємств [19]. Профілем діяльності даної компанії є диспетчеризація виробництва, управління якістю, управління витратами енергоресурсів, виконання виробничого обліку, здійснення комплексного аналізу ефективності запропонованих проектних рішень. Серед рішень компанії відзначаються: промислова хмарна платформа, предиктивна аналітика, передиктивна діагностика роботи промислового обладнання, ефективне застосування спеціалізованих технічних засобів для зв'язування джерел отримання даних з Інтернет-орієнтованими системами промислової аналітики.

Компанія Новатек-Електро здійснює свою діяльність в Україні з 1998 року та спеціалізується на розробленні та повному циклові виробництва електротехнічної продукції [13]. Своїм клієнтам підприємство пропонує як продукцію відомих світових брендів так і власні технологічні вироби серед яких є засоби ефективного вирішення задач промислової автоматизації, пристрої з WiFi управлінням, різноманітні датчики, сенсори, контролери та пристрої захисту роботи технічного обладнання.

З 1987 року в Україні здійснює свою діяльність компанія IT-Enterprise, сферою інтересів якої є пошук ефективних IT-рішень у цифровій трансформації промислових бізнес-процесів [17]. Підприємство пропонує власне інженерне рішення — інформаційну систему управління підприємством, яка є потужним інструментом для реінжинірингу бізнес-процесів та є платформою цифрової трансформації виробничих процесів промислових підприємств. Свої технологічні рішення компанія позиціонує як такі, що відповідають концепції «Industry 4.0», яка визначає особливості комплексного розвитку автоматизованого виробництва, збирання, систематизації та використання даних у відповідності до різноманітних виробничих технологій в єдиній інформаційній системі, з найменшим втручанням людини у виробничий процес.

Також з 1997 року в Україні успішно здійснює свою діяльність компанія Siemens Ukraine, яка є представником компанії Siemens — одного з провідних лідерів серед виробників технологічного обладнання у світі [24]. Метою діяльності даного підприємства є розвиток технологій, зокрема IoT, що трансформують життя суспільства оскільки така трансформація є ключем до успіху бізнесу та формування сталого майбутнього. Компанія пропонує в Україні рішення, які направлені на розвиток адитивного виробництва, яке орієнтується на економію матеріалів та ресурсів; розвиток засобів автоматизованого будівництва; оптимізацію управління транспортними потоками та виробничими лініями; активне впровадження у процеси виробництва засобів штучного інтелекту. Пропонуються комплексні рішення технологічного забезпечення реалізації всіх етапів життєвого циклу промислової продукції від проектування до використання. Впроваджуються проекти цифровізації виробничого простору на основі повних інфраструктурних рішень. Компанія виділяє чотири пріоритетні напрямки свого розвитку одним з яких є розвиток концепції цифрової промисловості.

Розвиток інфраструктури IoT є також предметом державних цільових програм в Україні. Так у 2022 році у місті Києві були оприлюднені результати розбудови міської опорної мережі та інфра-

структури впровадження технологій IoT [9, 25]. Зокрема, у даному звіті зазначалось, що місто Київ покрите мережею для збору та аналізу відповідних даних — для цього в усіх районах міста працюють 295 базових станцій. Також планувалось виконання робіт зі встановлення датчиків на окремих локаціях та аналіз інформації, яка буде надходити від них. Метою ініціативи є моніторинг стану навколишнього середовища, контроль мікроклімату у школах та лікарнях, підвищення ефективності роботи комунальних служб. Відзначено, що завдяки бездротовій технології зв'язку LoRaWAN є можливість використовувати датчики для отримання даних із максимальною енергетичною ефективністю. Через це заплановано їх встановлення на газових трубопроводах, водопроводах, в електричних щитках тощо. Як приклад приводиться проект «розумний бак для сміття». Датчики IoT на таких баках дозволяють інформувати про можливе займання вогню в контейнері, дозволяють відображати та прогнозувати наповненість за допомогою ультразвукового сигналу та вимірювати значення інших параметрів. Коли бак заповнений — комунальні служби отримують повідомлення про необхідність вивозу сміття та мають можливість здійснити дану процедуру в умовах мінімізації власних операційних витрат.

Крім розвитку спектру послуг IoT в Україні, важливим є також формування передумов їх ефективної реалізації. Для забезпечення якості роботи пристроїв IoT важливим є вирішення задачі організації ефективних каналів зв'язку, що використовуються для передачі даних, керуючої інформації, віддаленого управління роботою тощо. Так за даними, які опубліковані у [4], в Україні спостерігається ріст зацікавленості у застосуванні мереж мобільного зв'язку з метою отримання послуг за напрямом M2M (Machine to Machine / Mobile to Machine / Machine to Mobile). Хоча послуги за напрямом M2M в Україні почали надаватись ще на початку двотисячних років — вони досить довгий час залишались досить специфічними та не були масовими. Активний розвиток систем віддаленого доступу, зокрема хмарних технологій, платформ M2M та широке розповсюдження високопродуктивних гаджетів, доступних широкому колу користувачів, зробили цей напрям актуальним для сьогодення та привернули до нього велику увагу та попит.

З метою визначення тенденцій розвитку каналів передачі даних мобільного зв'язку цікавим є дослідження історичних етапів впровадження стандартів організації мереж мобільної комунікації [2, 12, 22]. Так початком формування ринку послуг мобільного зв'язку в Україні можна вважати 1993 рік. Саме у цей рік в Україні розпочинається впровадження послуг мобільної телефонії, зок-

рема стандарту G1/NMT. У порівнянні з сучасними реаліями можливості тогочасних технологій були досить скромними — підтримка голосових дзвінків, аналогова передача даних, відсутність можливості передавання текстових повідомлень та інших подібних цифрових даних. У тому ж 1993 в Україні здійснюється перша спроба впровадження стандарту G2, але його масове використання почалось лише у 1997 році. Завдяки цьому стандарту вперше з'являється можливість ефективно передавати дані на швидкості до 14.4 кбіт/с. Доволі швидко з'являються та запроваджуються модифікації даного стандарту — G2.5/GPRS у 1997 році зі швидкістю до 171.2 кбіт/с та G2.75/EDGE у 2006 році зі швидкістю до 384 кбіт/с. Очевидно, що такі технічні параметри виводять на якісно новий рівень процес передачі даних і, як наслідок, інтенсивний розвиток ринку IoT у цей період починає ставати загальносвітовою тенденцією. У 2007 році, за ініціативою на той час державного підприємства Укртелеком, в Україні вперше розпочинається впровадження стандарту G3/UMTS. Перші реалізації G3/UMTS за своїми технічними можливостями були співставними з G2.75/EDGE тому активне впровадження стандарту G3 почалось лише у 2015 році з появою модифікованої версії G3.5/HSPA/HSPA+. Останні варіанти даного стандарту дозволяли досягати швидкостей 14,4 мбіт/с та 42 мбіт/с відповідно. Через це, з практичної точки зору, саме 2015 можна вважати роком початку активної розбудови розвитку в Україні мобільних мереж з метою інтенсифікації використання каналів передачі даних, зокрема, для організації мереж IoT. Враховуючи зростаючі вимоги до даного напрямку розвитку у 2018 році, в якості загальнодержавної цільової програми, розпочато впровадження стандарту G4/LTE, що суттєво вплинуло на якість послуг з доступу до мережі Інтернет та дозволило підняти рівень розвитку послуг вітчизняного мобільного зв'язку до рівня загальних світових тенденцій — швидкість передачі даних зросла до 1 гбіт/с. Сьогодні, станом на останній квартал 2024 року, в Україні ведеться загальнодержавна підготовка до впровадження стандарту G5 зі швидкістю передачі даних до 10 гбіт/с. Зокрема, а якості пілотного проекту, обрано запровадження підтримки такого типу мережі в літку 2025 року у місті Львові [11].

Отже, для розвитку ринку IoT в Україні важливим є формування відповідних технічних передумов, зокрема, каналів мобільного зв'язку та можливостей передавання даних. Спираючись на результати статистичного дослідження, які опубліковані національною комісією, що здійснює державне регулювання у сферах електронних комунікацій, радіочастотного спектра та надання послуг поштового зв'язку [5] та даними з [4] на рис. 1 запропоновано

візуалізований варіант криволінійного тренду розвитку поквартальної кількості активних підключень до послуг передачі даних операторів мобільного зв'язку в Україні за період з 2021 по 2025 роки. Незважаючи на складні економічні та політичні обставини, в яких перебуває наша країна, для періоду, який розглядається, характерним є збільшення частки підключень до мобільних мереж за стандартом 4G/LTE з 59 % на початку 2021 року до майже 83 % станом на третій квартал 2024 року. Разом з тим, наявною є тенденція до уповільнення росту частки таких підключень — зокрема, за умови збереження зазначеного тренду, на період завершення 2025 року можна очікувати приблизно 85 % таких загальних підключень. Але, оскільки 2025 рік для України є роком впровадження стандарту 5G — то така тенденція може суттєво змінитись у бік збільшення показника підключень за стандартами 4G/LTE та 5G. Також цікавою є тенденція до зростання кількості підключень до послуг M2M. Відповідний тренд показує зростання кількості підключень до послуг M2M на 16 % у період завершення 2024 року в порівнянні з аналогічним періодом 2021 року, а також 46 % у майбутній період завершення 2025 року — тобто очікуваний обсяг зростання кількості підключень до послуг M2M лише за один 2025 рік може бути у 2.8 різа більшим у порівнянні з останніми чотирма роками до цього взятими разом. Отже, крім розвитку швидкості передачі даних у мережах мобільного зв'язку, у 2025 році в Україні, крім іншого, варто очікувати бурхливого розвитку послуг ринку IoT та можливостей запровадження відповідних технологій.

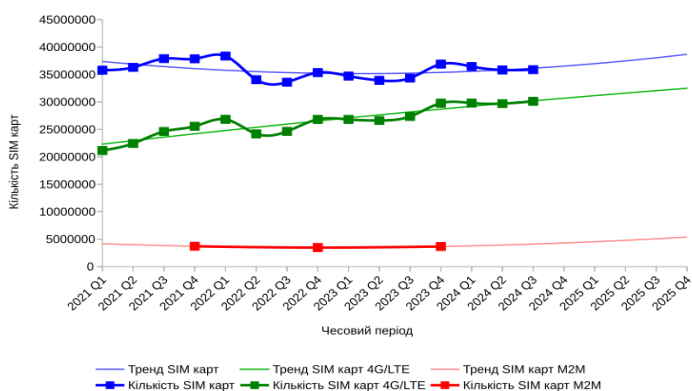


Рис. 1. Розвиток кількості активних підключень до послуги передачі даних операторів мобільного зв'язку

* Джерело: Систематизовано та узагальнено автором за даними [4, 5]

Крім того цікавою є тенденція до зростання отримання операторами мобільного зв'язку прибутку з розрахунку на одне технічне підключеного клієнта. На рис. 2. показано візуалізований варіант криволінійного тренду розвитку обсягів прибутку у розрахунку на одне підключення до мереж мобільної передачі даних. У відповідності до побудованої прогностичної моделі динаміка зростання даного показника знаходиться у межах від 1.06 % до 1.12 % зберігаючи майже прямолінійну тенденцію, що може свідчити про здоровий економічний клімат та, як наслідок, сприятливі умови для розвитку ринку IoT в Україні.

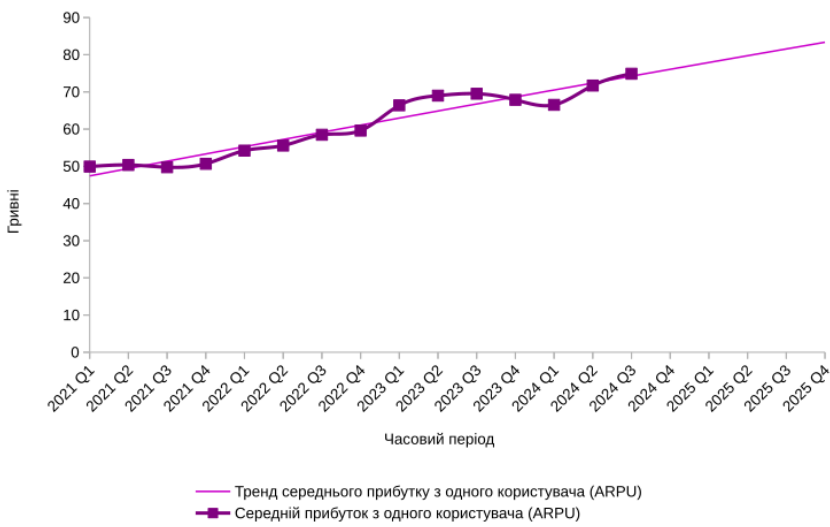


Рис. 2. Отримання прибутку у розрахунку на одне підключення до мереж мобільної передачі даних

* Джерело: Систематизовано та узагальнено автором за даними [5]

Важливо відмітити, що методологічно достатньо складно встановити факт повторних підключень до мереж передачі даних одним і тим самим користувачем, але з різними картами ідентифікації користувача. Очевидно, що можна припустити, що такий показник буде тісно пов'язаним з отриманням послуг M2M і через це можливості такого вимірювання потребують свого дослідження. Разом з тим у [3] оприлюднені дані, що на період завершення 2023 року в середньому в Україні на одного клієнта операторів мобільного зв'язку припадає 1.45 активних карт ідентифікації користувачів

послуг мобільного зв'язку, але останнє може бути пов'язане як з ринком послуг М2М так і з одночасним отриманням доступу до мереж мобільного зв'язку засобами різних операторів зв'язку. Суттєвою допомогою в оцінюванні обсягів таких підключень є можливість аналізу статистичних даних про обсяги реалізації окремих бізнес пропозицій послуг М2М операторами зв'язку, що мають вигляд як окремих пропозицій до підключення так і розповсюдження специфічних карт IoT ідентифікації користувачів подібних послуг. Слід відмітити, що в останні роки саме цей зазначений факт є наявною тенденцією серед операторів мобільного зв'язку в Україні і часто спостерігається. Таким чином розвиток ринку послуг IoT все більше стає частиною нашого повсякденного життя і, отже, потребує свого практичного та наукового дослідження, а сам факт розвитку технологій IoT в Україні, який є глобальною тенденцією і у якому наша країна є активним учасником — безсумнівно є важливим для економічного зростання нашої держави, формування її технологічної зрілості та успішності.

Бібліографічні посилання

1. Постанова № 942 від 7 вересня 2011 р. «Про затвердження переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 2023 року». Кабінет міністрів України, 2011. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/942-2011-p/print> (дата звернення: 12.11.2024)
2. Від 1G до 5G: як еволюціонували телекомунікаційні мережі // IT-Decision Telecom LLC, 2023. URL: <https://decisiontele.com/uk/news/1g-5g-evolution-telecommunication-networks.html> (дата звернення: 12.11.2024)
3. Від початку великої війни кількість сім-карт скоротилася на 5,6 млн. // «Скільки-Скільки?», 2024. URL: <https://skilky-skilky.info/vid-pochatku-velykoi-viyny-kilkist-sim-kart-skorotylasia-na-5-6-mln> (дата звернення: 12.11.2024)
4. В Україні за рік стало на 860 тисяч більше абонентів фіксованого Інтернету. А кількість мобільних сім-карт зросла на мільйон // Dev Україна, 2024. URL: <https://dev.ua/news/mobilnyi-1711629422> (дата звернення: 12.11.2024)
5. Електронні комунікації у цифрах // Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах електронних комунікацій, радіочастотного спектра та надання послуг поштового зв'язку, 2024. URL: <https://nkek.gov.ua/diialnist/sfery-diialnosti/elektronni-komunikatsii/elektronni-komunikatsii-u-tsyfrakh> (дата звернення: 12.11.2024)
6. Засоби автоматизації технологічних процесів: продукція // MICROL, 2024. URL: http://www.microl.ua/index.php?option=com_virtuemart&Itemid=71 (дата звернення: 12.11.2024)

7. Інноваційний IoT-проект від DEPS для Хмельницькводоканалу // DEPS, 2024. URL: <https://deps.ua/ua/news/company-news/10845.html> (дата звернення: 12.11.2024)

8. Інтернет речей (IoT) та веб-розробка: перспективи та можливості в позашкільній освіті // Яготинський будинок дитячої та юнацької творчості Яготинської міської ради, 2024. URL: <https://bdut.co.ua/pro-nas/internet-rechey-iot/> (дата звернення: 12.11.2024)

9. Київ став першим містом в Україні з власною інфраструктурою для Інтернету речей // Офіційний портал Києва. Київська міська рада. Київська міська державна адміністрація, 2022. URL: https://kyivcity.gov.ua/news/kiv_stav_pershim_mistom_v_ukrani_z_vlasnoyu_infrastrukturoyu_dlya_internetu_rechey/ (дата звернення: 12.11.2024)

10. Комплексні рішення в області промислової автоматизації: насичуємо життям механізми // ELIUS-M, 2024. URL: <http://elius.com.ua/ua/> (дата звернення: 12.11.2024)

11. Львів стане першим містом, де запустять мережу 5G, — ЗМІ // Львівський портал, 2024. URL: <https://portal.lviv.ua/news/2024/11/04/lviv-stane-pershyj-mistom-de-zapustiat-merezhu-5g-zmi> (дата звернення: 12.11.2024)

12. Міллер К., Дрініч Д. 4G LTE vs 5G: боротьба із занепадом мереж 2G і 3G // CHIP NEWS. 2024. № 3 (228). С. 60-63.

13. Новатек-Електро: Продукція // Новатек-Електро, 2024. URL: <https://novatek-electro.com.ua/produktsiya/> (дата звернення: 12.11.2024)

14. Підсумки 2023: рік трансформації // Ajax Systems, 2024. <https://ajax.systems/ua/blog/2023-growth-report> (дата звернення: 12.11.2024)

15. Послуги розробки IoT рішень // Wezom, 2024. URL: <https://wezom.com.ua/ua/iot-development> (дата звернення: 12.11.2024)

16. Проект «Школа SMART» — нова концепція середньої освіти в Україні // blog.imena.ua, 2016. URL: <https://www.imena.ua/blog/smart-school-ua/> (дата звернення: 12.11.2024)

17. Про компанію: місія та технологічна візія // IT-Enterprise, 2024. URL: <https://www.it.ua/about-company> (дата звернення: 12.11.2024)

18. Професійний відбір зразків ґрунту // Skok Agro, 2024. URL: <https://skokagro.com/index.php?lang=uk> (дата звернення: 12.11.2024)

19. Рішення «Indusoft-Ukraine» // Indusoft-Ukraine, 2024. URL: <https://indusoft.com.ua/ua/solution-indusoft-ukraine/> (дата звернення: 12.11.2024)

20. Розробка IoT рішень в Україні // Panda Team, 2024. URL: <https://pandateam.net.ua/razrabotka-iot-resheniy> (дата звернення: 12.11.2024)

21. Розумна медицина // Ромсат, 2024. URL: <https://romsat.ua/solutions/rozumna-medicina/> (дата звернення: 12.11.2024)

22. Стандарти зв'язку 3G, 4G, 5G — в чому різниця // Impression Electronics, 2018. URL: <https://impression.ua/standarty-svyazi-3g-4g-5g-v-chem-raznitsa> (дата звернення: 12.11.2024)

23. Тертишник Є.М., Потапов О.І., Мішок А.А., Андрушко А.М. Аналіз можливостей використання IoT у військових цілях // Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. Черкаси: ДНДІ ВС ОВТ, 2024. № 3 (21). С. 140–146. DOI: 10.37701/dndivsovt.19.2024.17

24. Технології, що трансформують наше життя: Презентація компанії // Сіменс АГ, Сіменс Україна, 2024. URL: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:0010c7f1-b857-4278-9555-8a04a128a9fe/Siemens-Ukraine-presentation-2023-2024-k.pdf> (дата звернення: 12.11.2024)

25. У Києві вдосконалюють систему моніторингу якості повітря за допомогою IoT-технологій // Офіційний портал Києва. Київська міська рада. Київська міська державна адміністрація, 2021. URL: https://kyivcity.gov.ua/news/u_kiyevi_vdoskonalyuyut_sistemu_monitoringu_yakosti_povitrya_zh_dopomogyu_IoT-tekhnologiy/ (дата звернення: 12.11.2024)

26. Helping high-rise buildings keep up with the times // KONE, 2024. URL: <https://www.kone.ua/ua/stories-and-references/stories/helping-high-rise-buildings-keep-up-with-the-times.aspx> (дата звернення: 12.11.2024)

27. IoT в управлінні ланцюгами поставок і логістиці: забезпечення кращої видимості та автоматизації // PNN Soft, 2024. URL: <https://pnn.com.ua/ua/blog/detail/iot-in-supply-chain-management-and-logistics-enabling-greater-visibility-and-automation> (дата звернення: 12.11.2024)

28. Reliable End-to-End Solutions // Tektelic, 2024. URL: <https://tektelic.com/products/solutions/> (дата звернення: 12.11.2024)

Статтю подано до редакції: 04.12.2024