

УДК: 911.375-021.431
JEL Classification: C80, L86, Q55
doi: 10.31767/nasoa.4-2020.11

О. Л. ЄРШОВА,
кандидат економічних наук, доцент,
завідувач кафедри економіко-математичних
дисциплін та інформаційних технологій;
e-mail: midnight@nasoa.edu.ua,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3801-9730>;

Т. В. ТОМАШЕВСЬКА,
кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри економіко-математичних
дисциплін та інформаційних технологій;
Національна академія статистики, обліку та аудиту;
e-mail: TVTomashevsk@nasoa.edu.ua,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5001-9226>

Периферійні обчислення як основа оброблення даних у Інтернеті речей

Надано визначення поняття “Інтернет речей”, підкреслено, що периферійні обчислення є новим трендом для підключених пристроїв Інтернету речей. Охарактеризовано основні напрями використання технології Інтернету речей. Периферійні обчислення порівняно з хмарними та туманними обчисленнями. Доведено необхідність периферійних обчислень в умовах “смарт”-життя. Розглянуто різні форми розгортання інфраструктури периферійних обчислень. Обґрунтовано необхідність периферійних обчислень у програмах на основі технології Інтернету речей. Показано, що Інтернет речей сприяє попиту на периферійні обчислення. Розглянуто реальні приклади вдалих застосувань периферійних обчислень та Інтернету речей в різних галузях економіки.

Ключові слова: Інтернет речей, технологія Інтернету речей, периферійні обчислення, штучний інтелект, центр оброблення даних.

O. YERSHOVA,
PhD (Economics), Associate Professor,
Head of Department for Economic and Mathematical
Disciplines and Information Technologies;

T. TOMASHEVSKA,
PhD (Engineering), Associate Professor,
Associate Professor of Department for Economic
and Mathematical Disciplines and Information Technologies;
National Academy of Statistics, Accounting and Audit

Peripheral Computations: The Basis for Data Processing in Internet of Things

Internet of Things (IoT) is a global mainstream trend of today, which determines the importance of studies dealing with problems related with data processing by use of IoT.

A definition to the notion “Internet of Things” is given, with stressing that peripheral

© О. Л. Єршова, Т. В. Томашевська, 2020

computing is a new trend for connected devices of IoT. The main applications of IoT are described. Peripheral computing is compared with cloud and fog computing. The need for peripheral computing in the conditions of “smart” life is demonstrated. Various forms of the launched peripheral computing infrastructure are discussed. The need for peripheral computing in the software based on IoT technology is justified. It is shown that IoT pushes up the demand for peripheral computing. Real examples of successful applications of peripheral computing and IoT across industries are shown.

It is stressed that the strongest impediment for the massive dissemination of IoT is that its infrastructure involves infinite numbers of options for connection, which may be quite often fully incompatible with each other. It is argued that peripheral computing is needed to remove drawbacks in software design and services on the basis of cloud technologies with consideration to performance and normative requirements. The forms of peripheral computing infrastructure are shown and described: special local devices, localized or regional data processing centers. The purpose of IoT technology is mentioned, which is the collection of large scopes of data from great many sensors and smart devices, to be employed for business performance enhancement. The main reasons for the necessity of peripheral computing in the software based on IoT technology are outlined: the need to increase the throughput, the possibility to minimize the delay in data transmission and processing, and normative requirements. The main advantages of digital technology introduction are highlighted: better comfort of clients, higher exploitation efficiency, creation of new income flows.

Keywords: Internet of Things, Internet of Things technology, peripheral computing, artificial intellect, center for data processing.

Постановка проблеми. Сфера Інтернету речей (IoT) є одним із головних нинішніх світових трендів. Пристрої, звичні кожному, стають частиною Інтернет-мережі і набувають здатності виконувати нові функції. Саме тому IoT вважається рушієм 4-ї індустріальної революції, яка зараз триває у світі. Дослідницька компанія “Gartner” визначає IoT як мережу фізичних об’єктів, які містять засоби для взаємодії із зовнішнім середовищем і між собою, а також для передавання відомостей про свій стан і прийому команд [1].

Більш конкретне визначення пропонує компанія “McKinsey”: IoT – це датчики і прилади, вбудовані у фізичні пристрої та підключення до Інтернету через дротові або бездротові мережі [2].

Розвитком IoT займаються не тільки виробники пристроїв, а й спеціалізовані організації, серед яких Міжнародний союз електрозв’язку (ITU), Консорціум промислового Інтернету (ІІС) та Інженерна рада Інтернету (IETF).

За даними “International Data Corporation”, до 2025 року буде більше 40 млрд пристроїв (речей), які генерують 80 зеттабайт даних (10^{21} байт, або млрд терабайт).

“Річчю” в контексті IoT називається предмет фізичного або віртуального світу, який може бути ідентифікований та підключений до мереж зв’язку, пристроєм – елемент обладнання, який технічно здатен забезпечувати зв’язок і виконувати вимірювання, спрацьовувати за певних умов, вводити, зберігати і обробляти дані.

“Речі” бувають різних форм і розмірів: від крихітних сенсорів до величезних турбін двигунів. На споживчому ринку все більш затребуваними є системи “Розумний будинок”, засоби домашнього моніторингу, “розумні” прилади і колонки, розважальні центри і рішення для ефективного енергоспоживання. Ринок IoT, за прогнозами, оцінюється в трильйони доларів.

Ще одним інструментальним засобом для оброблення даних від підключених речей виступає штучний інтелект (ШІ), який має величезну кількість застосувань – від оброблення природної мови (NLP) в розумних динаміках до попереджувального техобслуговування. ШІ, поряд із IoT, став одним із найбільш значних трендів цифрової трансформації.

Атмосферний тиск, температура, характеристики руху і безліч інших параметрів, які збирають різні датчики підключених пристроїв, забезпечують первинні матеріали для аналізу, отримання даних і створення моделей ШІ. Ці моделі застосовуються в таких нових галузях, як, наприклад, випереджальне техобслуговування.

Що стосується автономного IoT, то новим трендом для підключених пристроїв є периферійні обчислення. Консорціум промислового Інтернету визначає периферійні

обчислення як децентралізовану обчислювальну інфраструктуру, в якій обчислювальні ресурси і сервіси додатків можуть бути розподілені по всьому шляху між джерелом даних і хмарою [9]. Периферійні обчислення дозволяють пристроям миттєво приймати рішення. Інакше кажучи, периферійні обчислення є більш швидкими і оптимальними, ніж хмарні та туманні. Саме тому периферійні обчислення є технологічним рішенням, найбільш придатним для оброблення даних у системах, побудованих на IoT (дані від датчиків та пристроїв оброблятимуться у міні-центрах оброблення даних, максимально наближених до місця їх виникнення).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На пострадянському просторі, у тому числі в Україні, дослідження у галузі периферійних обчислень не здійснюються, а відповідні публікації в Інтернеті мають формат реклами продуктів світових лідерів у цій галузі та пропозицій щодо їх впровадження у вітчизняний бізнес та технічної підтримки. Пропонуються готові рішення для бізнесу, реалізовані на базі зарубіжних досліджень і розробок. Першоджерелами з цієї проблеми можна вважати публікації [3–8]. В кожній з них розглядаються проблеми побудови архітектур для кожного конкретного бізнесу (інфраструктурною основою є 5G), надано оцінку ефективності застосування таких архітектур у повсякденному житті (смарт-міста та ін.). Підкреслюється, що окремою проблемою є вразливість підключених IoT до кібератак, оскільки побутові (а також промислові) пристрої з Wi-Fi не мають серйозного програмного забезпечення [6].

Для практичного розв'язання існуючих задач компаніями “AT&T”, “Cisco”, “GE”, “Intel” та “IBM”, які є лідерами інтелектуальної аналітики в IoT, у 2014 році було створено Консорціум промислового Інтернету. Однією з цілей його функціонування є стандартизація різних протоколів і процесів в Інтернеті. Зокрема, у 2020 році ними підготовлено рекомендації щодо підвищення сумісності різних систем IoT, які отримали статус галузевого стандарту [9].

Проблеми, розглянуті у статті, наразі не отримали систематизованого висвітлення в літературі. Вони включають технічні та програмні аспекти впровадження та застосування IoT та його придатність до розв'язання прикладних задач у різних галузях.

Мета статті – дослідити можливості застосування периферійних обчислень в IoT для отримання додаткового доходу та нових зручностей для споживачів при розв'язанні задач у різних галузях.

Завдання статті – порівняти периферійні обчислення з хмарними та туманними обчисленнями; довести необхідність периферійних обчислень у умовах “смарт”-життя; розглянути різні форми розгортання інфраструктури периферійних обчислень; обґрунтувати необхідність саме периферійних обчислень у програмах на основі технології IoT; показати, що IoT сприяє попиту на периферійні обчислення; розглянути реальні приклади вдалих застосувань периферійних обчислень та IoT в різних галузях економіки.

Виклад основного матеріалу. Підключені пристрої проникають у будинки, лікарні, міста, промисловість. Для створення надійних і практичних рішень в IoT критичне значення має є низка технологій: 5G, хмари, ШІ. Підключення пристроїв бурхливо зростає, і при цьому критичної важливості набувають периферійні обчислення. Вони дозволяють скористатися перевагами IoT в режимі реального часу. Чим швидше працює ШІ поруч із пристроями і людьми, тим краще. Периферійний інтелект і його застосування – це важливий напрям, який набуває подальшого розвитку в найближчі роки.

Основною перешкодою для масового поширення IoT є те, що його інфраструктура зараз являє собою безліч різних варіантів підключення, часто повністю несумісних один з одним.

Галузевий термін “периферійні обчислення” має настільки схоже значення з терміном “абстрактні туманні обчислення”, що їх можна використовувати взаємозамінно, але в галузі IoT віддається перевага терміну “периферійні обчислення”, який фактично став стандартним.

Якщо, наприклад, Компанія “Cisco” ввела в обіг термін “абстрактні туманні обчислення”, то великі компанії, наприклад “GE”, “HPE” та “APC by Schneider Electric”, використовують термін “периферійні обчислення”.

Якщо порівнювати периферійні обчислення з хмарними, то можна зазначити, що периферійні обчислення доповнюють хмарні обчислення в гетерогенному IT-середовищі. Якщо хмарні обчислення використовуються централізованими центрами

оброблення даних, то периферійні обчислення використовуються в розподілених мікроцентрах оброблення даних на периферії мережі, де дані використовуються ближче до місця їх походження.

Периферійні обчислення необхідні для усунення недоліків у програмах і послугах на основі хмарних технологій з урахуванням продуктивності й нормативних вимог. Хмарні обчислення не завжди можуть задовольнити обов'язкові вимоги до часу реакції, необхідного для роботи критично важливих програм. Компанії, на роботу яких впливають державні норми щодо зберігання даних, також можуть дійти висновку, що хмарні обчислення не здатні забезпечити потрібні їм характеристики локального сховища.

Це є проблемою, оскільки тенденція до впровадження цифрових технологій для підвищення ефективності й економічних показників підприємства сприяє попиту на програми, які вимагають максимальної продуктивності, що, зокрема, стосується програм на основі технології IoT. Для роботи програм на основі технології IoT часто потрібна висока пропускна здатність, мінімальна затримка й надійність роботи, а також відповідність нормативним вимогам, і саме тому периферійні обчислення стануть тут у пригоді.

Усе частіше бізнес-логіка і ШІ-моделі виконуються на периферії IoT. У побудови ШІ-моделей на периферії є багато переваг. Низька швидкість передачі даних із хмарних дата-центрів при обробленні ШІ-моделі є неприпустимою, якщо справа вимагає негайного прийняття рішень, як, наприклад, при роботі з отруйними матеріалами, небезпечним рівнем забруднення або диспетчеризації аварійно-рятувальних служб. У деяких випадках підключення до Інтернету може мати неприпустимі для конкретних задач затримки або бути відсутнім взагалі.

Механізми і датчики підключених пристроїв часто використовують проміжні шлюзи для підключення до хмари. Обчислювальні потужності, обсяги зберігання даних і можливості мережевої оптимізації в приладах і шлюзах постійно зростають. Це дозволяє здійснювати обчислення і аналітику ближче до периферії, зменшуючи тим самим затримку в прийнятті рішень. Такий підхід має ключове значення в багатьох промислових і споживчих додатках IoT.

Актуальний приклад в умовах пандемії коронавірусу – застосування ШІ IoT на периферійних обчисленнях для медичних приладів. У важкі часи самоізоляції віддалений моніторинг, підключені тести і телемедицина надають величезні можливості щодо віддаленого догляду за пацієнтом. Пандемія істотно збільшила навантаження на медичних працівників та лікарні, особливо коли кількість пацієнтів почала зростати по експоненті. Послабити таке навантаження і врятувати багато життів вдалося саме завдяки дистанційному спостереженню через підключення пристроїв до мережі та аналітиці за допомогою периферійних засобів. Наприклад, нещодавно компанія “GE Healthcare” представила систему “Mural Virtual Care Solution”, яка збирає інформацію з кількох джерел і дозволяє проводити віртуальне спостереження практично в режимі реального часу на основі даних від апарату штучної вентиляції легенів, систем моніторингу пацієнтів, електронних медичних записів, лабораторій та інших систем. Це рішення дозволяє одному медпрацівникові спостерігати одразу за декількома пацієнтами, інтегруючи встановлену апаратуру в палатах пацієнтів. Це, фактично, інтелектуальна віртуальна система інтенсивної терапії. Вона принесе колосальну користь як медпрацівникам, так і пацієнтам, дозволяючи здійснювати спостереження за здоров'ям хворого, незважаючи на географічну відстань.

Інфраструктура периферійних обчислень може мати різні форми, які зазвичай підпадають під одну з трьох категорій:

1. Спеціальні локальні пристрої, які, наприклад, запускають систему безпеки будівлі, або шлюз хмарного сховища даних, який інтегрує службу онлайн-сховищ у локально встановлені системи, що спрощує передавання даних між ними.
2. Невеликі локалізовані центри оброблення даних (ЦОД) (від 1 до 10 стійок), які мають значні можливості для оброблення і зберігання даних.
3. Регіональні ЦОД із понад 10 стійками, які обслуговують відносно велику кількість локальних користувачів.

Незалежно від розміру та масштабу, кожен із цих прикладів периферійної інфраструктури має важливе значення для бізнесу, що обумовлює необхідністю

оптимізації доступу до них.

Тому вкрай важливо, щоб компанії при побудові периферійних ЦОД приділяли таку ж саму увагу їх надійності й безпеці, як і при створенні великих централізованих ЦОД.

IoT сприяє попиту на периферійні обчислення, оскільки передбачає збирання даних від різних датчиків і пристроїв та застосування для їх оброблення певних алгоритмів з метою отримання інформації, корисної з точки зору переваг для бізнесу. Сучасні технології використовуються для оптимізації робочого процесу, підвищення рівня задоволеності клієнтів і рівня безпеки, зниження витрат, підвищення комфорту кінцевого користувача та ін. на різноманітних об'єктах – виробничих, комунальних, транспортних, торговельних, медичних, освітніх.

Наприклад, роздрібний продавець може використовувати дані від програм на основі технології IoT для підвищення якості обслуговування клієнтів, прогнозуючи їх побажання з урахуванням минулих покупок, пропонуючи знижки на місці та покращуючи обслуговування постійних категорій клієнтів. У промислових середовищах програми на основі технології IoT можна використовувати для підтримки програм профілактичного обслуговування з метою виявлення відхилень поточних робочих показників технологічного обладнання від заданих.

Перелік можливих способів використання технології IoT дуже великий, але всі вони мають одну спільну мету – збирати велику кількість даних від багатьох датчиків і розумних пристроїв та використовувати їх для сприяння підвищенню ефективності бізнесу.

Багато програм на основі технології IoT побудовані на хмарних ресурсах для забезпечення обчислювальних потужностей, зберігання даних і розвинених логічних функцій програм, які надають аналітичні дані для бізнесу. Однак часте відправлення всіх даних від датчиків і пристроїв безпосередньо в хмару є неоптимальним з огляду на пропускну здатність, затримку й нормативні вимоги.

Окреслимо головні причини, якими можна обґрунтувати необхідність периферійних обчислень у програмах на основі технології IoT.

Потреба підвищити пропускну здатність. Обсяг даних, створюваний деякими програмами на основі технології IoT, може бути приголомшливим, як і витрати на пересилання всіх цих даних у хмару, що робить локальне оброблення більш практичним і вигідним. Це також є фактором обмеження для будь-якої програми, яка вимагає передавання великих обсягів інформації, зокрема відео високої чіткості, які можуть використовуватися в програмах пошуку родовищ нафти й газу або порятунку після аварій та стихійних лих.

Можливість мінімізувати затримку у передаванні та обробленні даних. Необхідною умовою вдалого функціонування багатьох програм є надзвичайно низька затримка, тобто час, потрібний для передавання пакету даних до місця призначення й назад. Будь-яка пов'язана з безпекою програма, наприклад для самокерованих автомобілів, системи охорони здоров'я або цехів промислового заводу, потребує майже миттєвого реагування. Хмарні сервіси не є оптимальними в таких випадках через затримку, характерну для проходження даних до централізованої служби й назад.

Нормативні вимоги. У галузях і регіонах із суворими нормативними вимогами (наприклад, Загальний регламент про захист даних (GDPR) у ЄС) порядок оброблення особистої інформації, а також місце її зберігання та спосіб її передавання підлягають суворому контролю, що зумовлює потребу в локалізованих центрах оброблення даних.

Нижче наведено основні переваги переходу на IoT.

1. *Підвищення комфорту клієнтів.* Користувачі бачать приклади програм на основі технології IoT навколо себе. Цифрові вивіски підвищують комфорт покупок у закладах роздрібної торгівлі та якість послуг із транспортування. Фахівці промислових підприємств з обслуговування на місцях використовують програми доповненої реальності, щоб значно спростувати обслуговування складних машин і пристроїв. Зараз можливо здійснювати більшість банківських операцій власного телефона й дистанційно контролювати власні медичні пристрої. Програми на основі технології IoT полегшують життя клієнтам практично в кожній сфері життя.

2. *Підвищення експлуатаційної ефективності.* Однією з ключових складових

«розумного виробництва» є прогностична аналітика. Використання програм на основі технології IoT допомагає покращити експлуатаційну ефективність у таких сферах, як прогностичне технічне обслуговування різних видів машин і устаткування в промислових цехах або ЦОД, що сприяє усуненню проблем до того, як вони спричиняють простой. Відслідковування міток радіочастотної ідентифікації допомагає працівникам складів роздрібною торгівлі керувати запасами й запобігати збиткам, дає змогу медичним закладам відслідковувати дороге обладнання, наприклад комп'ютери на візках. У містах програми на основі технології IoT використовуються для контролю руху на завантажених перехрестях і керування світлофорами для зменшення кількості пробок. Підвищення експлуатаційної ефективності найчастіше є основною причиною використання програм на основі технології IoT.

3. *Створення нових джерел доходу.* Технологія IoT розширює можливості для отримання доходу. Без неї не було б можливим ані створення компаній “Uber” та “Lyft”, ані надання послуг із короткострокового прокату велосипедів і скутерів. Логістичні компанії можуть пропонувати нові послуги завдяки наданню актуальної інформації про поточне місцезнаходження контейнерів і про правильність роботи клімат-контролю. Цінні для клієнтів послуги з прогностичного обслуговування також означають нові джерела доходу для виробників і постачальників послуг. Наразі вже існує безліч послуг для моніторингу дому, оснований на використанні датчиків і можливостей підключення до Інтернету. Медичні заклади можуть пропонувати послуги з «цифрового стаціонару», включаючи дистанційний моніторинг пристроїв і аналіз.

Будь-яка компанія в будь-якій галузі може застосовувати технології IoT і периферійні обчислення для створення нових джерел доходу, а також для підвищення комфорту клієнтів та експлуатаційної ефективності. Принцип роботи програм в IoT є однаковою незалежно від застосування: пристрої або датчики з одного кінця надсилають дані в периферійний ЦОД для оброблення і, можливо, для базового аналізу, а потім у більш централізовану програму (часто в хмарі), що забезпечує збільшення доходу компанії.

Зрозуміло, що деякі вертикально побудовані галузі першими застосовують технології IoT і впроваджують успішні програми. Отриманий ними досвід також застосовується й до інших вертикалей, тому дослідження того, де ці компанії досягли успіху, може допомогти у створенні ідей лідерам в інших галузях.

Щоб усвідомити переваги програм на основі технології IoT, потрібні периферійні ЦОД, а також продуктивність і надійність, яких вимагають ці програми. Це пов'язано з певними труднощами, оскільки периферійні ЦОД можуть бути розташовані буквально в будь-якому місці: у телекомунікаційному приміщенні або серверній кімнаті, в офісі із численними працівниками і клієнтами, у торговому закладі чи в умовах карантинних обмежень.

Незалежно від місця розташування ЦОД, забезпечення надійності та продуктивності периферійних ЦОД передбачає виконання трьох ключових вимог: дистанційне керування, швидке та стандартизоване розгортання й фізична безпека.

Висновки. Інтернет речей стає все більш важливою частиною споживчого і промислового ринків. Доступність високошвидкісного доступу в Інтернет, особливо з появою надійних мереж 5G, призводить до появи інноваційних рішень IoT в “розумних” містах, автомобілебудуванні, Індустрії 4.0, ланцюгах поставок, охороні здоров'я та енергетиці.

Зазначено, що основною перешкодою для масового поширення IoT є те, що його інфраструктура зараз являє собою безліч різних варіантів підключення, часто повністю несумісних один з одним. Підкреслено, що периферійні обчислення необхідні для усунення недоліків у програмах і послугах на основі хмарних технологій з урахуванням продуктивності й нормативних вимог. Наведено і охарактеризовано форми інфраструктури периферійних обчислень: спеціальні локальні пристрої, локалізовані або регіональні ЦОД. Вказано мету технології IoT – збирання великої кількості даних від багатьох датчиків і розумних пристроїв та їх використання їх підвищення ефективності бізнесу. Окреслено головні причини необхідності периферійних обчислень у програмах на основі технології IoT: потреба підвищити пропускну здатність, можливість мінімізувати затримку у передаванні та обробленні даних, нормативні ви-

моги. Розкрито основні переваги переходу на цифрові технології: підвищення комфорту клієнтів, підвищення експлуатаційної ефективності, створення нових джерел доходу.

Список використаних джерел

1. Gartner Glossary Information Technology Glossary Internet Of Things (iot). URL: <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/internet-of-things>
2. Internet of Things. We help clients unlock value by digitizing the physical world. URL: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/internet-of-things/how-we-help-clients>
3. Y.2060: Overview of the Internet of things. Recommendation Y.4000/Y.2060 (06/12). URL: <https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2060-201206-I>
4. Unlocking the potential of the Internet of Things. URL: <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/the-internet-of-things-the-value-of-digitizing-the-physical-world>
5. IOT-platforms-company-list-2017-update. URL: <https://iot-analytics.com/iot-platforms-company-list-2017-update/>
6. Cisco Survey Reveals Close to Three-Fourths of IoT Projects Are Failing. URL: <https://newsroom.cisco.com/press-release-content?articleId=1847422>
7. Hardware & Software IT Services / Internet of Things (IoT) Market. URL: <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/internet-of-things-iot-market-100307>
8. Gartner Identifies Top 10 Strategic IoT Technologies and Trends. URL: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2018-11-07-gartner-identifies-top-10-strategic-iot-technologies-and-trends>
9. Industrial Internet Connectivity Framework Workshop. URL: <https://www.iiconsortium.org/IICF-workshop-2020.htm>

References

1. Gartner Glossary Information Technology Glossary Internet Of Things (iot). Retrieved from <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/internet-of-things>
2. Internet of Things. We help clients unlock value by digitizing the physical world. Retrieved from <https://www.mckinsey.com/featured-insights/internet-of-things/how-we-help-clients>
3. Y.2060: Overview of the Internet of things. Recommendation Y.4000/Y.2060 (06/12). Retrieved from <https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2060-201206-I>
4. Unlocking the potential of the Internet of Things. Retrieved from <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/the-internet-of-things-the-value-of-digitizing-the-physical-world>
5. IOT-platforms-company-list-2017-update. Retrieved from <https://iot-analytics.com/iot-platforms-company-list-2017-update/>
6. Cisco Survey Reveals Close to Three-Fourths of IoT Projects Are Failing. Retrieved from <https://newsroom.cisco.com/press-release-content?articleId=1847422>
7. Hardware & Software IT Services / Internet of Things (IoT) Market. Retrieved from <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/internet-of-things-iot-market-100307>
8. Gartner Identifies Top 10 Strategic IoT Technologies and Trends. Retrieved from <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2018-11-07-gartner-identifies-top-10-strategic-iot-technologies-and-trends>
9. Industrial Internet Connectivity Framework Workshop. Retrieved from <https://www.iiconsortium.org/IICF-workshop-2020.htm>

Посилання на статтю:

Єршова О. Л., Томашевська Т. В. Периферійні обчислення як основа оброблення даних у Інтернеті речей. *Науковий вісник Національної академії статистики, обліку та аудиту: зб. наук. пр.* 2020. №4. С. 97-103. doi: 10.31767/nasoa.4-2020.11.