

зведення, шляхом перетворень нестандартної задачі до стандартної, для якої існує алгоритм розв'язання та програма за відповідної корекції умов; розбиття нестандартної задачі на декілька стандартних під задач (декомпозиція структури та дерева цілей); використання евристичних правил пошуку плану розв'язання нестандартних задач і відповідних інтелектуальних ресурсів (знань).

**Висновок.** Розглянуто метод структуризації процедур розв'язання математичних і прикладних задач та виявлення їх інформаційної сутності. Описано моделі формування ситуаційних задач, а також запропоновано перспективи дослідження та використання моделі пошуку розв'язання нестандартних задач й обґрунтовано метод пошуку алгоритму знаходження розв'язку математичних задач як компонентів інформаційних технологій.

### Література

1. Rashkevych Y. Optimization search process in database of learning system IEEE International Workshop on Intelligent data acquisition and advanced computing systems: technology and application / Y. Rashkevych, D. Peleshko, M. Pasyeka // Computer Science & Information Technologies (CSIT'2003) 8-10 September, 2003, Lviv, Ukraine. – Pp. 358-361.
2. Pasyeka, M. Mathematical Model of Adaptive Knowledge Testing Perspective technologies and methods in mems design, MEMSTECH 2009 / M. Pasyeka, T. Sviridova, I. Kozak // 22-24 April 2009 Lviv, Ukraine. – Pp. 96-97.
3. Pasyeka M.S. Adaptive model evaluation test tasks of universities, as an element of improving the quality of education / M.S. Pasyeka, N.M. Pasyeka, V.M. Yurchyshyn, O.F. Kozak, V.V. Bandura // Computer Science & Information Technologies (CSIT'2014), 18-22 november 2014, Lviv, Ukraine. – Pp. 122-126.

Надійшла до редакції 21.11.2016 р.

### Пасека Н.М., Пасека Н.С., Эрстеньук О.В. Структуризация методов решения математических и прикладных задач и их информационная сущность

Рассмотрены методы структуризации процедур решения математических и прикладных задач и выявления их информационной сущности. На основании проведенного анализа выделены классы практических и математических задач, которые различаются характером своих объектов и типом условий и требований. Построена для типовой задачи схема разбивки процесса на компоненты и шаги, которые отображают процедуры мышления и алгоритмизации в виде логично-структурного процесса решения задачи. Описаны модели формирования ситуационных задач, а также предложены перспективы исследования и использования модели поиска решения нестандартных задач и обоснован метод поиска алгоритма нахождения решения математических задач как компонентов информационных технологий.

**Ключевые слова:** модель, компонент, объект, разбивка задач, информационные сущности, логически-структурированный процесс.

### Pasyeka N.M., Pasyeka M.S., Erstenyuk O.V. Structuring Methods of Solving Mathematical and Applied Problems and their Informational Nature

Some methods of structuring procedures for solving mathematical and applied problems and identify of their informational essence are reviewed. On the basis of the analysis we have selected classes of practical and mathematical problems which differ in the nature of their objects and the type of conditions and requirements. A partitioning scheme of the process components for typical tasks and steps which reflect the procedures of thinking and algorithms in the form of a logical structural problem-solving process are designed. The model of the formation of situational problems, and the prospects for the exploration and use of models of finding solutions to unusual problems and validated method finding algorithm for finding solutions of mathematical problems as components of information technology are described.

**Keywords:** model, component, object, division of tasks, information entity, logically-structured process.

УДК 004.[942+772]

## ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ АТЕВ-ПРОГНОЗУВАННЯ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ЗАВАНТАЖЕННЯ КАНАЛІВ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ

О.Ю. Федевич<sup>1,2</sup>

Розглянуто сучасний стан зростання обсягів даних у комп'ютерних мережах. Проаналізовано дані корпорації Cisco. Описано розроблену комп'ютерну імітаційну модель мережі за допомогою програмного забезпечення OMNeT++. Здійснено імітаційне моделювання двох топологій комп'ютерних мереж, отриманих з бази даних проекту The Orpte Project. Ефективність запропонованого методу Ateb-прогнозування трафіку потоку доведено експериментально, на основі розроблених імітаційних моделей комп'ютерних мереж. Показано, що завдяки застосуванню запропонованого методу Ateb-прогнозування середня затримка передавання пакетів зменшилась на 12-14 %, а максимальна затримка передавання пакетів відповідно зменшилась на 14-19 %. Експерименти проілюстровано графіками.

**Ключові слова:** трафік потоку, комп'ютерна мережа, імітаційна модель, OMNeT++, The Orpte Project, Ateb-прогнозування.

**Вступ.** Стрімке вдосконалення та розширення топологій та можливостей комп'ютерних мереж на сьогодні породило велику кількість проблем, серед яких окремим класом постають проблеми покращення за різними критеріями передавання інформації через вузли комп'ютерної мережі. Враховуючи всі теперішні вимоги до комп'ютерних мереж передавання даних у різних сферах діяльності людини, можна зазначити, що наявні проблеми загалом дуже сповільнюють розвиток інформаційних технологій у галузі високошвидкісного передавання даних.

Основним завданням комп'ютерної мережі з погляду транспортування інформації – є, по суті, передавання інформації від вузла-відправника до вузла-отримувача, що зазвичай вимагає кількох транзитних пересилань. З цих причин впливає, що удосконалення алгоритмів маршрутизації може істотно покращити продуктивність роботи вузлів комп'ютерної мережі.

Телекомунікаційні системи на сучасній стадії розвитку трансформувались зокрема й у складні та неструктуровані гетерогенні комп'ютерні мережі, в яких здійснюється передавання інформації між серверами та клієнтами за допомогою різнотипного вузлового обладнання [1].

Терміном "трафік" позначають обсяг переданої інформації за одиницю часу або кількість пакетів за одиницю часу [2]. Своєю чергою, пропускна здатність формує обмеження трафіку мережі, яке існує залежно від програмного та апаратного забезпечення на ділянці телекомунікаційної мережі [3].

Мережі є невід'ємною частиною бізнесу, освіти, державного управління та повсякденних комунікацій. Мобільні IP-мережі розвиваються в основному за рахунок комбінації відеотрафіку, трафіку соціальних мереж і сучасних додатків для спільної роботи. Вони отримали назву візуальної мережі. На основі прогно-

<sup>1</sup> аспір. О.Ю. Федевич – НУ "Львівська політехніка";

<sup>2</sup> наук. керівник: доц. І.М. Дронюк, канд. фіз.-мат. наук, НУ "Львівська політехніка"

зів корпорації Cisco [4] щодо обсягу трафіку даних до 2020 р. на рис. 1 та 2 показано ріст та розподіл трафіку за типом та розподіл за країнами.

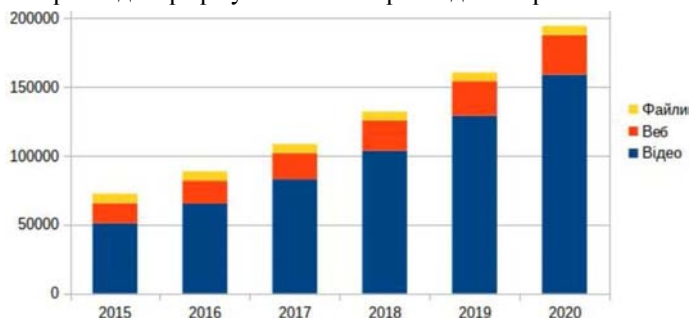


Рис. 1. Графік, що відображає обсяг трафіку за типом ужитків на період 2015-2020 рр.

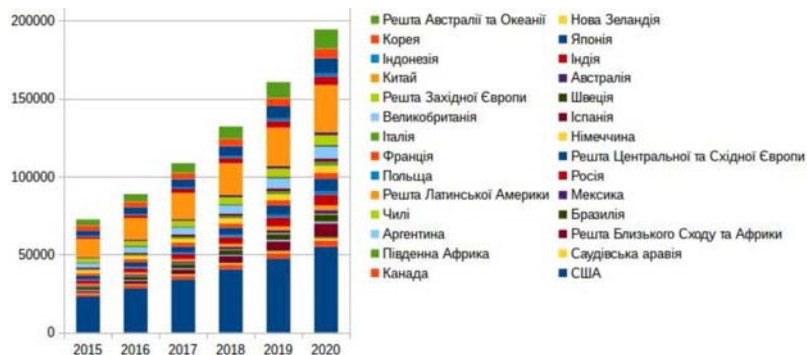


Рис. 2. Графік, що відображає обсяг трафіку за країнами на період 2015-2020 рр.

Згідно з наведеними вище графіками, що показують дані, які можна перевірити у вільному доступі, можна побачити, що до 2020 р. обсяг загального трафіку збільшиться в 3 рази, порівняно з обсягом трафіку в 2015 р. Збільшення обсягу трафіку, своєю чергою, спричинить зростання навантаження на складові частини комп'ютерної мережі, зокрема на маршрутизатори та комутатори, що може призвести до падіння ефективності їх роботи та спричинити втрати корисної інформації, що негативно позначиться як на роботі комп'ютерних мереж загалом, так і на щоденній діяльності людини в різних галузях.

Враховуючи темпи зростання обсяг корисної інформації для передавання через комп'ютерні мережі, виникає потреба у методах, засобах, алгоритмах та інформаційних технологіях, які забезпечуватимуть ефективне використання ресурсів комп'ютерних мереж та забезпечуватимуть якість та надійність передавання корисної інформації в таких мережах.

Тому **мета цього дослідження** – показати ефективність методу Ateb-прогнозування за допомогою розробленої комп'ютерної імітаційної моделі.

**Метод Ateb-прогнозування.** Математичний апарат Ateb-функцій дав змогу розв'язати аналітичні системи диференціальних рівнянь, що описують істот-

но нелінійні процеси у системах з одним ступенем вільності [3]. Для прогнозування трафіку потоку в комп'ютерній мережі використано диференціальне рівняння, що описує коливний рух з малим збуренням у вигляді

$$\ddot{x} + \delta^2 x |x|^\nu = f(\varepsilon, x, \dot{x}, t), \quad (1)$$

де:  $x(t)$  – кількість пакетів в мережі в момент часу  $t$ ;  $\delta$  – константа, яка визначає величину періоду коливання трафіку;  $f(\varepsilon, x, \dot{x}, t)$  – довільна аналітична функція, яка використовується для моделювання малих відхилень трафіку від основної компоненти коливань;  $\nu$  – число, яке визначає степінь нелінійності рівняння та впливає на період основної компоненти коливань,  $\varepsilon$  – малий параметр.

Відомо, що аналітичний розв'язок рівняння (1) описується у вигляді Ateb-функцій [5].

**Матеріали та методика дослідження.** Для детальнішого визначення параметрів завантаженості комп'ютерної мережі використано імітаційне моделювання комп'ютерної мережі.

Проведено імітаційне моделювання з використанням методу Ateb-прогнозування наявної комп'ютерної мережі, топологію якої та дані для моделювання отримано з [6]. The Opte Project початково був призначений для збирання даних із всесвітньої комп'ютерної мережі та створення топології Інтернету [7]. Імітаційне моделювання тут є необхідним етапом, який підтверджує теоретичні очікування та слугує додатковою базою для обґрунтування впровадження розробленого методу Ateb-прогнозування.

В експериментальній мережі знаходились моделі актуальних на сьогодні пристроїв, які відповідають стандартам IEEE802 [8].

Інструментом для імітаційного моделювання обрано програмний пакет OMNeT++, який містить засоби для побудови гетерогенних комп'ютерних мереж різних масштабів і топологій [9]. Це вільне програмне забезпечення має велику базу даних готових мережевих елементів, які вже містять в собі алгоритми імітації та етапів оброблення мережевої інформації з урахуванням затрат часу та їх виконання реальними фізичними пристроями. Відомо [10], що результати теоретичних апроксимацій апробуються на основі використання середовища OMNeT++.

**Результати дослідження.** Вхідні дані виконаного моделювання наведено в табл. 1 (для топологій комп'ютерних мереж, які показано на рис. 3 (зліва та справа відповідно)).

Табл. 1. Вхідні дані для проведення імітаційного моделювання

Назва мережі	Мережа № 1	Мережа № 2
Вибірка пакетів у мережі	140000	140000
Кількість пакетів між парою вузлів	99658	100540
Віртуальний час симуляції, $s$	1000	1000
Реальний час симуляції, $s$	50	50
Навантаження на мережу, %	52,00	52,00

Імітаційна модель втілювалась таким чином: спочатку було створено структуру вузла, яка, своєю чергою, складається із джерела генерування пакетів пев-

ного розміру та з певною частотою (різні вузли генерують пакети різного розміру та з різними часовими інтервалами передавання пакетів по каналах мережі), а також ці джерела є й кінцевими пунктами призначення пакетів у мережі.

Під час оброблення вхідного пакету він знищується, але дані про нього (затримка, кількість проміжних пунктів проходження маршруту) зберігаються для подальшого оброблення. Блок routing призначений для встановлення маршрутизації пакетів. Він приймає пакети з блоків, які симулюють черги, і залежно від того, адресовані вони для локального блоку www, вони направляються в іншу чергу або в цей блок.

Перенаправлення пакетів відбувається залежно від розрахунків прогнозу інтенсивності трафіку потоку за методом Ateb-прогнозування та пов'язаного з ним модифікованого алгоритму пошуку оптимального шляху. У разі неможливості знаходження шляху до пункту призначення, пакет скасовується. Блоки, які імітують роботу черг, містять в собі відповідні черги пакетів.

Після цього було збудовано два варіанти топології комп'ютерної мережі для проведення імітаційного моделювання. Пунктом відправлення пакетів взято вузол rte (9), а пунктом прибуття – вузол rte (1). Наступним кроком відбувалася імітація навантаження на сегмент комп'ютерної мережі між вузлами rte (5) та rte (0), яке полягало у збільшенні частоти генерування пакетів приблизно у 30 разів у вузлі rte (5). Після виконання імітаційного моделювання відбувався аналіз результатів та побудова відповідних графіків, зображених на рис. 4, 5.

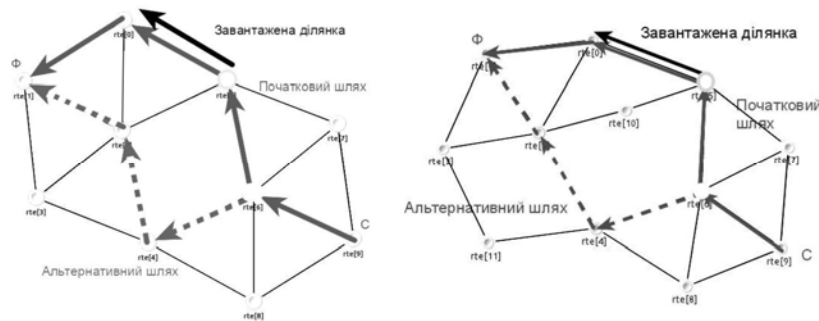


Рис. 3. Топології експериментів № 1 (зліва) та № 2 (справа) комп'ютерної мережі у розробленій імітаційній моделі

Моделювання проводилось в умовах середньої інтенсивності обміну даними. У процесі моделювання здійснено вимірювання часових затримок за доставкою пакетів до вузла rte (1) (див. рис. 3), серед яких: проводилось вимірювання часу доставки, середньої затримки передавання пакетів у комп'ютерних мережах експерименту № 1 та експерименту № 2, їхньої максимальної та мінімальної затримки. На основі проведеного моделювання обчислено часові затримки пакетів протягом 1000 віртуальних секунд у вигляді графіків (див. рис. 4, 5).

На рис. 4 та 5 червоні точки показують тимчасові затримки пакетів для комп'ютерних мереж без використання Ateb-прогнозування, а сині точки – тимчасові затримки пакетів для комп'ютерних мереж з використанням Ateb-прогно-

зування. Рис. 4 відповідає топології експерименту № 1, а рис. 5 – топології експерименту № 2.

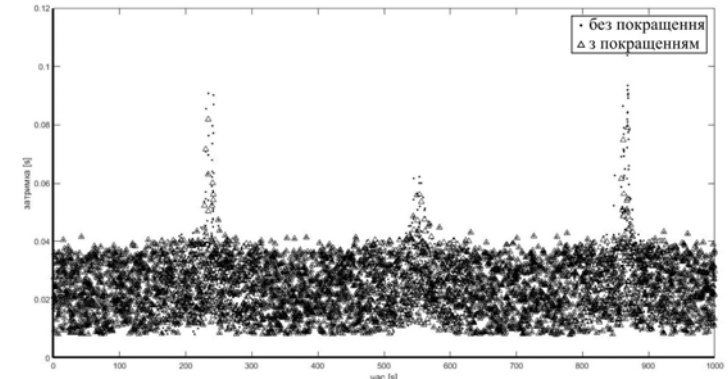


Рис. 4. Часові затримки передавання пакетів даних у комп'ютерній мережі експерименту № 1 імітаційної моделі

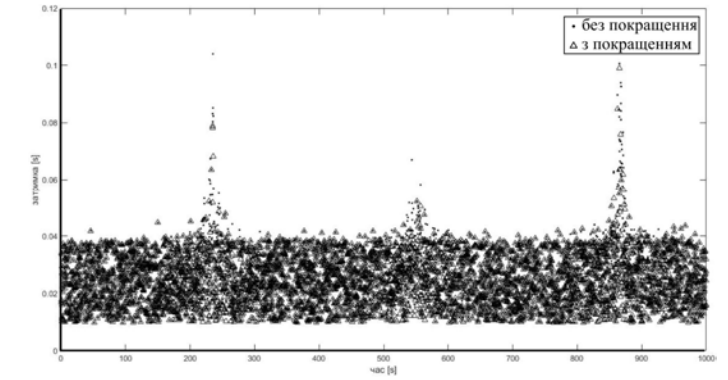


Рис. 5. Часові затримки передавання пакетів даних у комп'ютерній мережі експерименту № 2 імітаційної моделі

Результати моделювання параметрів комп'ютерної мережі для експерименту № 1 та 2 наведено в табл. 2 та 3 відповідно. У табл. 2 та 3 значення відносного коефіцієнта зміни обчислюється за формулою (де  $i$  – обране значення для обчислення відповідного  $K$ ):

Табл. 2. Значення затримок передавання пакетів у комп'ютерній мережі (експеримент № 1)

Назва затримки	Назва параметра		
	значення параметра $P_{ai}$	значення параметра $P_{bi}$	відносний коефіцієнт зміни $K_i$
Середня затримка передавання пакетів, $s$	0,0291	0,0249	14,43
Максимальна затримка передавання пакетів, $s$	0,0841	0,0721	14,39

Табл. 3. Значення затримок передавання пакетів у комп'ютерній мережі (експеримент № 2)

Назва затримки	Назва параметра		
	значення параметра $P_{ai}$	значення параметра $P_{bi}$	відносний коефіцієнт зміни $K_i$
Середня затримка передавання пакетів, $s$	0,0291	0,0254	12,71
Максимальна затримка передавання пакетів, $s$	0,086	0,069	19,77

$$K_i = \frac{P_{ai} - P_{bi}}{P_{ai}} \times 100\%, \forall i \in n. \quad (2)$$

**Висновки.** З результатів моделювання можна зробити висновки, що впровадження методу Ateb-прогнозування інтенсивності трафіку потоку, запрограмованим на використання інформації щодо зібраних та оброблених значень параметрів трафіку потоку у вузловому обладнанні, створює умови для прогнозування значень цих параметрів для формування рішень адаптивного управління, і цим самим підвищує ефективність використання вузлового обладнання та якість роботи комп'ютерної мережі.

Проведені дослідження показують покращення роботи комп'ютерної мережі за параметрами середньої затримки передавання пакетів на 12-14 %, та максимальної затримки на 14-19 %.

Реалізоване комп'ютерне імітаційне моделювання показує підвищення ефективності роботи комп'ютерної мережі на основі вдосконалення перерозподілу завантаження її вузлового обладнання.

### Література

- Вишне夫斯基 В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей / В.М. Вишне夫斯基. – М. : Изд-во "Техносфера", 2003. – 512 с.
- ДСТУ В 3265-95. Зв'язок військовий. Терміни та визначення. – К. : Вид-во УкрНДІССІ, 1995. – 23 с.
- Дымарский Я.С. Управление сетями связи: принципы, протоколы, прикладные задачи / Я.С. Дымарский., Н.П. Крутякова, Г.Г. Яновский. – М. : Изд-во "ЭкоТрендз", 2003. – 384 с.
- Cisco VNI Forecast Widget. [Electronic resource]. – Mode of access <http://www.cisco.com>
- Dronjuk Ivanna. Asymptotic method of traffic simulation (Distributed Computer and Communication Networks) / Ivanna Dronjuk, Maria Nazarkevych, Olga Fedevych // Communications in Computer and Information Science. Springer. – 2014. – Vol. 279. – Pp. 136-144.
- The Opte Project. [Electronic resource]. – Mode of access <http://www.opte.org/>.
- Nycz M. An analysis of the extracted parts of Opte Internet topology. // Computer Networks / M. Nycz, T. Nycz, T. Czachórski // 22nd International Conference, CN 2015 Brunów, Poland, June 16-19, 2015. Springer International Publishing Switzerland, 2015. – Pp. 371-381.
- IEEE 802 LAN/MAN Standards Committee. [Electronic resource]. – Mode of access <http://www.ieee802.org/>.
- OMNeT++ Community Site. [Electronic resource]. – Mode of access <http://www.omnetpp.org>
- Nycz T. A Numerical Comparison of Diffusion and Fluid-Flow Approximations Used in Modelling Transient States of TCP/IP Networks / T. Nycz, M. Nycz, T. Czachórski // Computer Networks // 21st International Conference, CN 2014 Brunów, Poland, June 23-27, 2014. Springer International Publishing Switzerland, 2014. – Pp. 213-222.

Надійшла до редакції 10.11.2016 р.

**Федевич О.Ю.** Применение метода Ateb-прогнозирования для уменьшения интенсивности загрузки каналов компьютерных сетей

Рассмотрено современное состояние роста объемов данных в компьютерных сетях. Проанализированы данные корпорации Cisco. Описана разработанная компьютерная имитационная модель сети с помощью программного обеспечения OMNeT++. Осуществлено имитационное моделирование двух топологий компьютерных сетей, полученных из базы данных проекта The Opte Project. Эффективность предложенного метода Ateb-прогнозирования трафика потока доказана экспериментально. Показано, что благодаря применению метода Ateb-прогнозирования средняя задержка передачи пакетов уменьшилась на 12-14 %, а максимальная задержка уменьшилась на 14-19 %. Эксперименты проиллюстрированы графиками.

**Ключевые слова:** трафик потока, компьютерная сеть, имитационная модель, OMNeT++, The Opte Project, Ateb-прогнозирование.

### Fedevych O.Yu. Application of Ateb-prediction Method to Reduce the Downloading Intensity of Network Channels

This article shows the current state of data volume growth in computer networks. Cisco corporation data were considered and analyzed. Developed computer simulation model of the network through OMNeT++ software was described. Simulation of two topologies of computer networks, obtained from the database of The Opte Project was done. The effectiveness Ateb-prediction method of traffic flows was proved experimentally. It is shown that due to the use of the proposed Ateb-prediction method average delay in the transmission of packets decreased by 12-14 %, and the maximum delay decreased by 14-19 %. The experiments were illustrated by graphs.

**Keywords:** traffic flow, computer network, simulation model, OMNeT++, The Opte Project, Ateb-prediction.

УДК 004.75

### ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БЛОКЧЕЙН У МЕРЕЖІ ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ

Н.Г. Яцків<sup>1</sup>, С.В. Яцків<sup>2</sup>

Досліджено, що технологія Blockchain має значний потенціал застосування у різних сферах діяльності, однак найбільш перспективною сферою застосування цієї технології є Інтернет речей і кіберфізичні системи. Технологія Blockchain пропонує рішення проблеми безпеки і конфіденційності у середовищі Інтернет речей, забезпечуючи новий обчислювальний шар, де дані можуть бути безпечно оброблені та проаналізовані, залишаючись приватним. Розкрито потенційні переваги та виділено проблеми, які потрібно вирішити для ефективного використання цієї технології у середовищі Інтернет речей.

**Ключові слова:** Інтернет речей, блокчейн, біткойн, хеш-функція, транзакція, безпека.

**Вступ.** Інтернет речей (Internet of Things, IoT) є наступним етапом еволюції Інтернету на шляху до всеосяжного Інтернету (Internet of Everything, IoE). IoT містить широкий спектр речей, таких як сенсори, виконавчі механізми і послуги, розгорнуті різними організаціями і приватними особами для підтримки різноманітних додатків. Термін "Інтернет речей" (IoT) вперше ввів Кевін Ештон у 1999 р. для опису системи, в якій фізичні об'єкти пов'язані зі сенсорами і мережею Internet [1].

Згідно з прогнозами Gartner, у 2020 р. у світі буде 20,8 млрд підключених пристроїв IoT [2].

<sup>1</sup> доц. Н.Г. Яцків, канд. техн. наук – Тернопільський національний економічний університет;

<sup>2</sup> студ. С.В. Яцків – Тернопільський національний економічний університет