

Проблема пошуку варіацій екосистем і моделей синергетичного розвитку економічних агентів відкриває широке поле для подальших досліджень, а також, ставить питання формулювання практичних рекомендацій в даній площині.

Бібліографічні посилання

1. Sen, A. (1987). Food and freedom. *A world to make: Development in perspective*, 769–781.
2. Heritage.org. (2021). Economic Freedom Score. Ukraine. World. URL: https://www.heritage.org/index/pdf/2021/countries/2021_IndexofEconomicFreedom-Ukraine.pdf (дата звернення: 20.07.2021).
3. Єрешко Ю. О. П'ятивузлова синергія як оптимальна інноваційна модель. *Економічний аналіз*. 2021. Том. 31. №2. URL: <https://www.econa.org.ua/index.php/econa/article/view/1925> (дата звернення: 20.07.2021).
4. Єрешко, Ю. О., Лободзинська, Т. П. Особливості венчурного інвестування в Україні як причина гальмування інноваційно-інвестиційного розвитку. *Формування ринкових відносин в Україні*. 2014. № 11. 162 с.
5. Rayna, T., & Striukova, L. (2014). The Impact of 3D Printing Technologies on Business Model Innovation. In P. Benghozi, D. Krob, A. Lonjon, & H. Panetto (Eds.), *Digital Enterprise Design & Management* (Vol. 261, pp. 119–132). Cham: Springer International Publishing.
6. Walters, D. (2012). Competition, Collaboration, and Creating Value in the Value Chain. In H. Jodlbauer, J. Olhager, & R. J. Schonberger (Eds.), *Modelling Value* (pp. 3–36). Heidelberg: Physica-Verlag.

Статтю подано до редакції 19.11.2021

УДК 330.341.1:004.75]:330.46]] (043.3)

DOI 10.33111/mise.101.8

Камінський О.Є., д. е. н., доцент,
доцент кафедри комп'ютерної математики
та інформаційної безпеки,
ДВНЗ «КНЕУ імені В. Гетьмана»
Дем'яненко В.В., к. е. н., доцент,
доцент кафедри комп'ютерної математики та інформаційної безпеки,
ДВНЗ «КНЕУ імені В. Гетьмана»
Дем'яненко О.О., к.ф.-м.н., доцент,
доцент кафедри математичного аналізу та теорії ймовірностей,
НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»

Kaminsky O.Y., Doctor of Economics, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Computer Mathematics
and Information Security,
SHEI KNEU named after V. Hetman

Demianenko V.V., Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Computer Mathematics and Information Security, SHEI KNEU named after V. Hetman
Demianenko O.O., PhD (physical and mathematical sciences), Associated professor of Mathematical analysis and Probability Theory Department, NTUU "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ПОБУДОВИ ТА РОЗГОРТАННЯ ХМАРНИХ СЕРВІСІВ

MODELING PROCESSES OF BUILDING AND DEPLOYING CLOUD SERVICES

Анотація. У статті розглянуто основні економічні засади побудови хмарних сервісів на базі моделі SaaS. Саме цей вид хмарних сервісів на теперішній час найбільш динамічно розвивається в Україні. Автори визначають основні проблеми побудови сучасних хмарних сервісів і варіанти їх розв'язання. Процеси створення і використання хмарних сервісів мають свою економічну складову, вони характеризуються витратами праці і коштів та отриманням прямого або непрямого прибутку та потребують застосування апарату економіко-математичного моделювання. Метою статті є розроблення економіко-математичної моделі, яка дозволяє створити хмарний сервіс з мінімальними витратами в рамках існуючих обмежень. Вивчення хмарних сервісів та парадигми хмарних обчислень як економічних явищ важливе не тільки тому, що вони є важливим ресурсом підвищення ефективності роботи окремих підприємств і компаній, а так само тому що їх виникнення стало важливим індикатором інформаційного суспільства, що дає змогу судити про фундаментальні тенденції його розвитку. Для вирішення завдання вибору структурних елементів можна ефективно використовувати методи аналізу складних систем за критерієм функціональної придатності. При формуванні структури хмарного сервісу запропонований підхід дадуть можливість: провести вибір програмного забезпечення для реалізації хмарного сервісу, сформуувати склад компонентів і функцій такого сервісу, та вибрати підмножину варіантів реалізації хмарного сервісу, як найбільше буде відповідати вимогам власника сервісу. Використання апарату економіко-математичних моделей для вирішення окреслених проблем допоможе розробникам хмарних сервісів приймати економічно обґрунтовані рішення щодо їх розробки і експлуатації.

Ключові слова: Індустрія 4.0; системний аналіз, хмарні обчислення; модель; інформаційні технології; хмарні сервіси.

Abstract. The article considers the basic economic principles of building cloud services based on the SaaS model. This type of cloud services is currently the most dynamically developing in Ukraine. The authors identify the main problems of building modern cloud services and options for their solution. The processes of creation and use of cloud services have their economic component, they are characterized by labor costs and funds and direct or indirect profits and require the use of economic and mathematical modeling. The aim of the article is to develop an economic-mathematical model that allows you to create a cloud service with minimal costs within the existing constraints. The study of cloud services and the paradigm of cloud computing as economic phenomena is important not only because they are an important resource for improving the

efficiency of individual enterprises and companies, but also because their emergence has become an important indicator of the information society. . To solve the problem of choosing structural elements, you can effectively use the methods of analysis of complex systems by the criterion of functional suitability. When forming the structure of the cloud service, the proposed approach will allow: to select software for cloud service implementation, to form the components and functions of such service, and to select a subset of cloud service implementation options that best meet the requirements of the service owner. The use of economic and mathematical models to solve the outlined problems will help cloud service developers to make economically sound decisions on their development and operation.

Keywords: Industry 4.0; system analysis, cloud computing; model; information technology; cloud services.

Вступ. За останні кілька років на світовому рівні увага до технологій хмарних обчислень зросла як у науковому середовищі так і в сфері ІТ-бізнесу. За прогнозами провідних консалтингових компаній світу, швидке вдосконалення та поширення хмарних технологій (cloud computing) є одним з ключових трендів, що в найближчі 5–8 років помітно вплинуть на глобальний розвиток не лише ІТ-індустрії, але і на сфери бізнесу, фінансів, державного управління, медицини, освіти та на багато інших сфер людського життя. [1].

Крім того, експерти стверджують, що 60 % робочих навантажень в 2019 році працює на базі хмарних сервісів, тоді як в 2018 році в хмарах було розміщено 45 % робочих навантажень. США є найбільш значущим ринком загальнодоступних хмарних сервісів за прогнозованими показниками у розмірі 124,6 млрд доларів у 2019 році [2]. На діаграмі (рис. 1.) відображено, які розвинені країни більше всього затратили на розвиток хмарних технологій в 2019 році.

Постановка проблеми. На думку співробітників корпорації IBM, хмарні сервіси — це додатки для автоматизації бізнесу, поширювані за моделлю SaaS (ПЗ як послуга), або за іншими моделями, через публічні «хмари» і доступні широкому колу замовників за прийнятною ціною [2].

Хмарні сервіси, що складаються з великої кількості залежних елементів, представляють важливий клас програмних додатків, які розгортаються та виконуються в традиційних хмарних інфраструктурах, у тому числі в хмарах за моделлю Infrastructure as a Service (IaaS). Останнім часом з'явився новий тип безсерверних інфраструктур, представлений такими сервісами, як Google Cloud Functions (GCF) або AWS Lambda. Цю модель часто називають Function-as-a-Service (FaaS), і вона є альтернативою моделі IaaS. Дана модель дозволяє розгорнути програмне забезпечення у вигляді множини функцій, які виконуються в інфраструктурі провайдера у відповідь на конкретні події, такі як завантаження нових

файлів у хмарне сховище даних або HTTP-запити користувача. Цей підхід звільняє користувача від необхідності використовувати сервера, включаючи керування віртуальними машинами, в той час як управління ресурсами забезпечується хмарою в автоматизований і масштабований спосіб. Таким чином, процеси створення і використання сучасних хмарних сервісів мають свою економічну складову, вони характеризуються витратами праці і коштів з одного боку, і отриманням прямого або непрямого прибутку — з іншого. Багатоваріантність процесу створення хмарного сервісу в рамках існуючих обмежень визначає необхідність застосування апарату економіко-математичного моделювання.

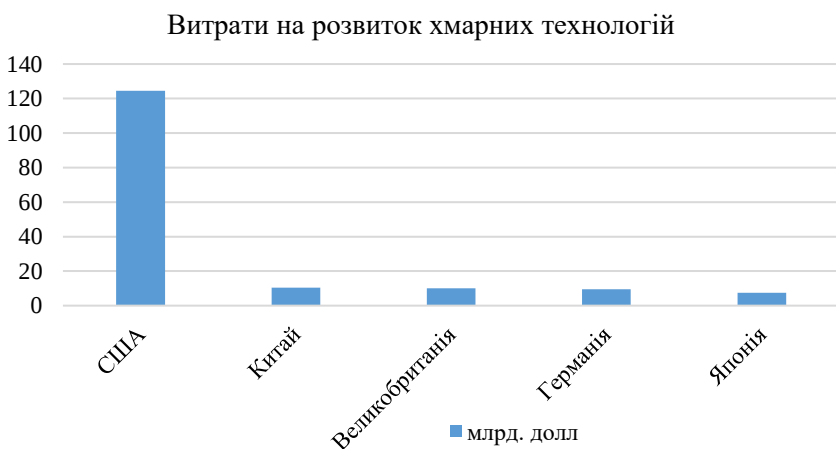


Рис. 1. Витрати на розвиток хмарних технологій в 2019 році

Джерело: дані [2]

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Теоретичні й практичні аспекти хмарних технологій піднімаються у працях багатьох зарубіжних та вітчизняних авторів, наприклад, в роботі Becker В. та Darmois E. [3] хмарні сервіси визначено, як додатки для автоматизації бізнесу, поширювані за моделлю SaaS (ПЗ як послуга), або за іншими моделями, через публічні «хмари» і доступні широкому колу замовників за прийнятною ціною.

Першою працею, у якій систематично досліджено базові моделі розробки хмарних сервісів стала праця К. Танга та Дж. М. Жанга [4], які представили новий підхід до розробки хмарних додатків. Дослідники запропонували архітектуру життєвого циклу розробки

хмарних додатків, в якій розробник сервісу зосереджує свою увагу на розробці самого сервісу, а не на архітектурі хмарного середовища. Наведений в даній роботі підхід має узагальнену структуру для різних хмарних платформ, які надають підтримку та платформи для розробки додатків. Також, запропонована авторами методика орієнтована лише на автоматизовані інструменти розробки, та має обмежену сферу використання. Запропонована в роботі модель є суто теоретичною, математичні моделі авторами не розроблялися.

Класифікацію різних платформ для розробки програми в хмарному середовищі в розрізі нефункціональних атрибутів вперше було проведено в праці вчених Б. Содхі та Т. Прабхакара [5]. По-перше, дослідники класифікували хмарні платформи на трьох рівнях: традиційні (не хмарні), віртуалізовані та хмарні. Було застосовано системний підхід до аналізу платформ всіх трьох рівнів.

В роботі зарубіжних вчених Мерліно Дж., Аркоуліса С. [6] та ін. стверджується, що перевага основних служб та програмних додатків до хмар створила нові вимоги до розробки продуктивного програмного забезпечення. Хмарні концепції та технології забезпечують розвиток середовищ розробки програмного забезпечення “у хмарі для хмари”, оскільки вони можуть легко забезпечити достатню кількість обчислювальних ресурсів для розробки та тестування коду, підтримку систем спільної роботи розробників, що є ключовим для розробки програмних додатків [7]

Ряд технологічних та економічних аспектів, що стосуються побудови хмарних сервісів недостатньо відпрацьовані у науковому і практичному аспектах і потребують подальших досліджень.

Мета статті. Сучасні хмарні сервіси є складними динамічними інформаційними системами, які включають велику кількість різних компонентів. Метою статті є розроблення економіко-математичної моделі, яка дозволяє створити хмарний сервіс з мінімальними витратами в рамках існуючих обмежень.

Основний матеріал дослідження. Хмарний сервіс згідно європейського стандарту ISO / IEC 17788 до: 2014 [8] можна визначити як одну або кілька функцій, які пропонуються користувачам за допомогою хмарних технологій і викликаються з використанням єдиного інтерфейсу [9].

Для розробки й розгортання хмарних сервісів необхідним є прийняття значної кількості технічних і управлінських рішень. Значна кількість наявних технологій дозволяє розробляти хмарні сервіси різного масштабу і функціональності. Завдання ускладнюється тим, що кількісний і якісний розвиток хмарної парадигми

привів до потреби розглядати її як складну інформаційну систему, котра може охоплювати тисячі користувачів і містити сотні тисяч розподілених елементів, котра підтримує динамічне масштабування, котра використовує різні комунікаційні та обчислювальні сервіси та постійно взаємодіє з іншими інформаційними системами, що передбачає звернення до методів системного аналізу та економіко-математичного моделювання [10].

Згідно нового звіту [11] з безпеки хмарних сервісів від компанії Crowd Research Partners, підготовленого спільно з провідними постачальниками хмарної безпеки AlienVault, Bitglass, CloudPassage, Cloudvisory, Dome9 Security, Eastwind Networks, Evident .io, (ISC) 2, Quest, Skyhigh і Tenable, ми можемо визначити (рис.2., а), що основними загрозами для безпеки хмарних сервісів є неправильна конфігурація хмарних платформ та контроль доступу, а проблемами при створенні (рис.2., b) — недостатня безпека хмарної інфраструктури та неповне дотримання вимог при розробці хмарних сервісів.



Рис. 2. Основні загрози для безпеки хмарних сервісів

Джерело: розроблено авторами на основі даних [11]

Оскільки ці сервіси призначені для підприємств і організацій, то:

- вони повинні брати участь у бізнес-процесах підприємств;
- для невеликих компаній сервіси повинні бути доступні за ціною;

- вони повинні бути доступні масово;
- для їх використання не повинні бути потрібні специфічні знання (наприклад, в сфері інформаційних технологій);
- вони повинні забезпечувати високий рівень захисту даних;
- вони повинні відповідати вимогам замовників при розробці.

Можливість приймати рішення і знаходити компроміси щодо структурних елементів сервісу та набору технологій і згодом переглядати ці рішення — важлива перевага хмарної архітектури.

Хмарний сервіс характеризується набором структурних елементів і їх інтерфейсів, за допомогою яких компонується сервіс, разом з їх поведінкою, обумовленим у взаємодії між цими елементами.

Структура хмарного сервісу концептуально являє собою орієнтовний ациклічний граф вузлів, що являє як типи, так і обмеження, який наведено на рис. 3.

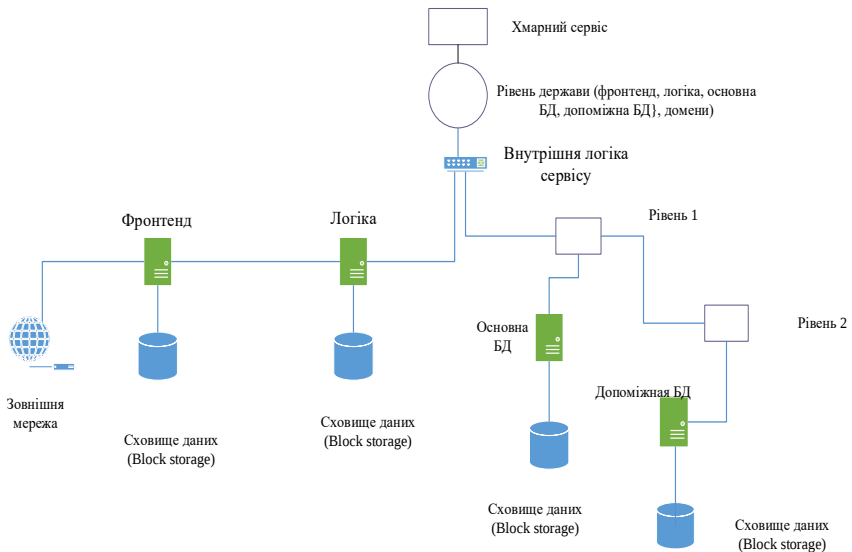


Рис. 3. Структура хмарного сервісу

Джерело: розроблено авторами

Структурним елементом хмарного сервісу ми визначаємо частину хмарного сервісу, яка має певне функціональне значення. Хмарний сервіс може складатися з декількох структурних елементів, кожен з яких має певний тип (наприклад, фронтенд і бекенд

елементи). До них відносяться сервери баз даних, фреймворки, інтерфейси в типовому тривірневому веб-додатку, бібліотеки, віртуальні машини і апаратні засоби. Тип хмарного сервісу не повністю відповідає конфігураціям, які використовуються в Amazon EC2, і шаблонам серверів, які використовує RightScale. Кожен екземпляр типу спільно використовує образ базової віртуальної машини (ВМ) конкретного типу, яка містить стан запуску (операційна система і додатки) і конфігурацію. Загальний обсяг сервісу може бути скоректований шляхом зміни кількості екземплярів кожного типу структурних елементів.

Комплекс структурних елементів визначає вибрану сукупність обладнання і складових (інфраструктуру) для реалізації хмарного сервісу. Вибір визначається, з одного боку, моделлю і проектом хмарного сервісу, а з другого — технічними та економічними вимогами. Кожен набір технологій вимагає різних затрат праці на освоєння і на розробку з його допомогою компонентів сервісу [9]. Використання тих чи інших технологій передбачає різні витрати на користування хмарию. Ефективність досягнення поставлених цілей за допомогою різних хмарних технологій і засобів розгортання сервісів також різна.

Тобто, хмарний сервіс можна подати як кортеж вигляду:

$$CA = \langle SM, H, K, R \rangle, \quad (1)$$

де SM — модель хмарного сервісу, яка визначає в загальному вигляді цілі його створення та місце в системі бізнес-процесів підприємства;

H — проект сервісу, що описує його структуру та складові;

K — комплекс структурних елементів трьох рівнів хмари (віртуальні машини, платформи, СУБД, фреймворки, платіжні системи), які використовуються для створення хмарного сервісу;

R — варіант реалізації сервісу;

Компоненти набору загалом відповідають стадіям процесу побудови хмарного сервісу, аналогічно етапам побудови програмного додатку. Кожен з цих компонентів характеризує завершення однієї зі стадій проектування, подаючи її результат.

Варіант реалізації хмарного сервісу відображається кортежем:

$$R = \langle DB, SW, LS \rangle, \quad (2)$$

де: DB — база даних, що містить сукупність таблиць, збережених процедур та ін.;

$SW = SF \cup SB$ — множина структурних елементів хмарного сервісу, яка вміщує:

$SF = \{sf_i\}, i = \overline{1, N}$ — множину фронтенд-елементів сервісу (фреймворки, модулі JS, бібліотеки та ін.) ; де N — кількість фронтенд-елементів.

$SB = \{sb_j\}, j = \overline{1, L}$ — множину серверних (бекенд) елементів сервісу; де L — кількість бекенд-елементів.

$LS = \{ls_k\}, k = \overline{1, M}$ — множина інших хмарних сервісів, з якими інтегрований хмарний сервіс, де M — кількість інтегрованих сервісів. Такі системи надають вміст для компонентів контенту сервісу, а також збирають через сервіс інформацію для маркетингових або статистичних досліджень. Інтеграція також дозволяє реалізувати виконання бізнес-процесів у рамках ІТ-інфраструктури підприємства.

Хмарні сервіси здебільшого є настільки складними системами, що співвідношення середньорічних витрат на розгортання та експлуатацію сервісу до коштів, витрачених на розробку самого сервісу, може коливатися в межах кількох порядків.

Авторами пропонується економіко-математична модель, яка дозволить мінімізувати сукупну вартість володіння хмарним сервісом при розробці оптимальної конфігурації його складових, а також дозволить в межах виділеного бюджету досягти певних характеристик якості і безпеки сервісу (QoS) і мінімізує витрати на його розгортання в хмарі і подальший супровід.

Обраний варіант реалізації має відповідати функціональним та безпековим вимогам до сервісу (заданим замовником сервісу). Будь який з варіантів може забезпечити досягнення всіх цілей моделі сервісу, при цьому вони порівнюються між собою за критеріями QoS. Для вирішення завдання вибору структурних елементів можна ефективно використовувати методи аналізу складних систем за критерієм функціональної придатності.

Методи аналізу складних систем дають змогу заздалегідь відсіяти невідповідні до функціональних вимог варіанти, порівнявши функціональну придатність розглянутих компонентів і вибрати технології, які мають найбільшу відповідність вимогами замовника сервісу. Для кожного з варіантів реалізації хмарного сервісу існує конфігурація з k взаємозв'язаних структурних елементів сервісу (ресурсів, наданих хмарним провайдером), де $k = \overline{1, K}$.

Для визначення оптимального бюджету проекту розробки хмарного сервісу, на першому етапі ми формуємо набір варіантів реалізації хмарного сервісу, які задовільняють вимогам:

$$V = \sum_{r=1}^{R_k} \sum_{k=1}^K v_{kr} y_{kr} \rightarrow \min \quad (3)$$

$$\sum_{r=1}^{R_k} \sum_{k=1}^K b_{kr} y_{kr} \leq B; \quad (4)$$

$$\sum_{r=1}^{R_k} y_{kr} = 1, \quad k \in (\overline{1, K}); \quad (5)$$

$$y_{kr} \geq 0, \quad k = \overline{1, K}, r = \overline{1, R_k}; \quad (6)$$

$$y_{kr} \leq 1, \quad k = \overline{1, K}, r = \overline{1, R_k}; \quad (7)$$

$$y_{kr} - \text{ціле}, \quad k = \overline{1, K}, r = \overline{1, R_k}; \quad (8)$$

$$\sum_{r=1}^{R_k} \sum_{k=1}^K \overline{q_{kr}} y_{kr} N + \sum_{r=1}^{R_k} \sum_{k=1}^K \overline{t_{kr}} y_{kr} N \leq T; \quad (9)$$

$$\overline{s_{kr}} y_{kr} \geq S_k, \quad k = \overline{1, K}, \quad (10)$$

де:

y_{kr} — змінна, яка визначає r -й варіант реалізації k -того структурного елемента хмарного сервісу,

v_{kr} — витрати на розгортання та обслуговування r -го варіанту реалізації k -того структурного елемента хмарного сервісу,

b_{kr} — витрати на розробку сервісу, архітектура якого відповідає r -му варіанту реалізації k -того структурного елемента хмарного сервісу,

$\overline{q_{kr}}$ — час затримки реакції на r -му варіанті реалізації k -того структурного елемента при відповіді на один запит кінцевого користувача,

$\sum_{r=1}^R \sum_{k=1}^K \overline{q_{kr}} y_{kr} N$ — час затримки реакції на запити N перед обробкою сервісом з k -тою конфігурацією структурних елементів,

$\overline{t_{kr}}$ — час обробки запитів при r -ому варіанті реалізації k -того структурного елемента сервісу,

$\overline{S_{kr}}$ — експертна оцінка існуючого рівня безпеки даних для r -ого варіанту реалізації k -того структурного елемента хмарного сервісу,

S_k — заданий користувачем рівень безпеки даних для k -того структурного елемента хмарного сервісу,

B — бюджет фінансування проекту розробки хмарного сервісу,

R_k — множина варіантів реалізації конфігурації k -го структурного елемента хмарного сервісу,

K — множина структурних елементів, що надаються хмарним провайдером (віртуальні машини, сервери, СУБД, фреймворки, бібліотеки, API інтерфейси, інші хмарні сервіси, веб-сервіси тощо),

T — заданий час роботи для хмарного сервісу, параметр QoS (мс),

N — загальна кількість запитів кінцевих користувачів сервісу.

Цільова функція даної моделі (3) визначає, що витрати на розгортання та обслуговування варіанту реалізації хмарного сервісу, який ми розглядаємо, повинні бути мінімальними.

Обмеження (4) визначає необхідність задоволення вимогам до обсягу бюджету проекту хмарного сервісу. Обмеження (5) показує, що може існувати тільки один варіант реалізації k -ого структурного елемента сервісу. Обмеження (6), (7) та (8) визначають умови цілочисельності та невід'ємності змінних. Обмеження (9) встановлює необхідність технічного забезпечення виконання певного обсягу запитів кінцевих користувачів до хмарного сервісу за обмежений проміжок часу його роботи (базовий параметр оцінювання якості послуг комунікаційних мереж). Сутність обмеження (10) полягає в оцінюванні рівня захисту даних для структурних елементів хмарного сервісу (базовий параметр оцінювання якості послуг комунікаційних мереж).

Таким чином ми отримуємо оптимальний набір структурних елементів хмарного сервісу. Слід відзначити, що по даній моделі розрахунков проводиться для кожного варіанта побудови хмарного сервісу.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Використання апарату економікоматематичних моделей для вирішення окреслених проблем допоможе розробникам хмарних сервісів приймати економічно обґрунтовані рішення щодо їх розробки і експлуатації. Вивчення хмарних сервісів та парадигми хмарних обчислень як економічних явищ важливе не тільки тому, що вони є важливим ресурсом підвищення ефективності роботи окремих підприємств і компаній, а

так само тому що їх виникнення стало важливим індикатором інформаційного суспільства, що дає змогу судити про фундаментальні тенденції його розвитку. При формуванні структури хмарного сервісу запропонований підхід дадуть можливість: провести вибір програмного забезпечення для реалізації хмарного сервісу, сформувати склад компонентів і функцій такого сервісу, та вибрати підмножину варіантів реалізації хмарного сервісу, як найбільше буде відповідати вимогам власника сервісу.

Запропонована економіко-математична модель може бути використана в різних областях економіки та управління для побудови та експлуатації хмарних сервісів.

Бібліографічні посилання

1. Symantec: Protecting a Cloudier Future. Market Report. November 2012. (2012) [http://www.symantec.com/content/en /us/enterprise/white_papers/esg-protecting-a-cloudier-future.en-us.pdf](http://www.symantec.com/content/en/us/enterprise/white_papers/esg-protecting-a-cloudier-future.en-us.pdf);

2. «25 Must-Know Cloud Computing Statistics in 2020» (2020) [https://hostingtribunal.com /blog/cloud-computing-statistics/#gref](https://hostingtribunal.com/blog/cloud-computing-statistics/#gref)

3. Becker B. and Darmois E. Survey of the Cloud Computing Standards Landscape 2015 4. *CLOSER 2016: Proceedings of the 6th International Conference on Cloud Computing and Services Science* — Vol . 1 (2016) P. 230–238 <https://doi.org/10.5220/0005824602300238>

5. Tang K. at al. Application Centric Lifecycle Framework in Cloud. *International Conference on e-Business Engineering*, vol. 0, 2011. P. 329-334.

6. Sodhi B., Prabhakar T.V Assessing Suitability of Cloud Oriented Platforms for Application Development. *Ninth Working IEEE/IFIP Conference on Software Architecture*, 2011. P. 328-335.

7. Merlino G., Arkoulis S. et al. «Mobile crowdsensing as a service: A platform for applications on top of sensing» *Clouds Future Gener. Comput. Syst.*, 0167-739X, 56 (2016), P. 623-639

8. Риз Дж. Облачные вычисления. пер с англ. СПб.: БХВ-Петербург, 2011. — 288 с.

International Standard: «Information technology — Cloud computing — Overview and vocabulary» <https://www.iso.org/standard/60544.html>

9. Дем'яненко В. В. Моделювання інжинірингу ІТ-систем з елементами віртуалізації компонентів. *Академічний огляд*. 2008. № 2. С. 69-73.

10. Камінський О. Є. Структурна модель побудови хмарного сервісу. *Моделювання та інформаційні системи в економіці: зб. наук. пр.* Київ: КНЕУ, 2017. — № 93. С. 132–142.

11. Cloud Security Report (2018) <https://crowdresearchpartners.com/portfolio/cloud-security-report/>

Статтю подано до редакції 04.11.2021