

Математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці
УДК 330.46

Камінський Олег Євгенович

*кандидат економічних наук, доцент,
доцент кафедри інформаційного менеджменту
Київський національний економічний університет
імені Вадима Гетьмана*

Каминский Олег Евгеньевич

*кандидат экономических наук, доцент,
доцент кафедры информационного менеджмента
Киевский национальный экономический университет
имени Вадима Гетьмана*

Kaminsky Oleg

*PhD in Enterprise Economics, Associate Professor,
Associate Professor of Information Management Department
Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman*

**БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНА ОПТИМІЗАЦІЯ ВИБОРУ ПРОВАЙДЕРІВ
ХМАРНИХ СЕРВІСІВ
МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫБОРА
ПРОВАЙДЕРА ОБЛАЧНЫХ СЕРВИСОВ
MULTI-CRITERIAN OPTIMIZATION CHOICE OF PROVIDERS OF
CLOUD SERVICES**

Анотація. З точки зору бізнесу, при переході до хмари ІТ-інфраструктура підприємства може стати потужним каталізатором його розвитку. При переході на хмарну модель роботи ІТ-директор несе додаткову відповідальність: він повинен робити вибірку ресурсів, які потрібно перенести в хмару, вибрати постачальника та порівняти ціни

на хмарні сервіси на ринку. Тому основні цілі підприємства, це максимізувати рентабельність хмарних сервісів та мінімізувати свої витрати та ризики. Стаття присвячена дослідженню особливостей процесів прийняття рішень щодо вибору провайдерів хмарних сервісів. В статті наведено та обґрунтовано модель оптимізації та структурований підхід для усунення альтернатив та вибору оптимального варіанту пакету хмарних сервісів. Досліджено переваги, які модель оптимізації досягає при використанні динамічної архітектури хмарного сервісу. Розроблена модель може бути використана підприємствами і організаціями в цілях обґрунтування стратегічних рішень при виборі хмарних сервісів для впровадження.

Ключові слова: інформаційні технології, хмарні обчислення, ризик, оптимізація, ціноутворення, хмарні сервіси, хмарні платформи.

Анотація. С точки зрения бизнеса, при переходе к облаку ИТ-инфраструктура предприятия может стать мощным катализатором его развития. При переходе на облачную модель работы ИТ-директор несет дополнительную ответственность: он должен делать выборку ресурсов, которые нужно перенести в облако, выбрать поставщика и проанализировать цены на облачные сервисы на рынке. Основными целями предприятия являются максимизация рентабельности облачных сервисов и минимизация своих расходов и рисков. Статья посвящена исследованию особенностей процессов принятия решений по выбору провайдеров облачных сервисов. В статье рассмотрена и обоснована модель оптимизации и структурированный подход для устранения альтернатив и выбора оптимального варианта пакета облачных сервисов. Исследованы преимущества, которые подобная модель оптимизации дает при использовании динамической архитектуры облачного сервиса. Разработанная модель может быть использована предприятиями и

організаціями при обґрунтуванні стратегічних рішень по вибору хмарних сервісів для впровадження.

Ключевые слова: інформаційні технології, хмарні обчислення, ризик, оптимізація, ціноутворення, хмарні сервіси, хмарні платформи.

Summary. *From a business perspective, the transition to a cloud IT infrastructure of an enterprise can be a powerful catalyst for its development. In the transition to a cloud-based model the IT Director has more responsibility: he has to make a selection of resources, which are needed to be transferred to the cloud, choose a supplier and compare the prices of cloud services on the market. Therefore, the main goals of the enterprise are maximize the profitability of cloud services and minimize its costs and risks. The article is devoted to the study of the peculiarities of decision-making processes regarding the choice of providers of cloud services. The article presents and justifies an optimization model and a structured approach to eliminate alternatives and choose the optimal option for a cloud service package. The advantages that the optimization model achieves when using the dynamic cloud service architecture is explored. The developed model can be used by companies and organizations in order to justify the strategic decisions when choosing cloud services for implementation.*

Key words: *information technologies, cloud computing, risk, optimization, pricing, cloud services, cloud platforms.*

Постановка проблеми. У минулому організації використовували свої обчислювальні ресурси в межах своїх географічних меж. В останні роки більшість організацій переміщують свої сервери до постачальників послуг (хмарних провайдерів), які беруть на себе відповідальність за управління та підтримку обчислювальних ресурсів. З точки зору бізнесу,

при переході до хмари ІТ-інфраструктура підприємства може стати потужним каталізатором його розвитку. Але підприємства стикаються з новими ризиками та проблемами, з якими вони не стикалися в минулому. Дослідження [4] свідчить, що організації повинні внести зміни до своїх виробничих процесів, визначити нові процедури управління ризиками та змінити власні процеси керування ІТ.

При переході на хмарну модель роботи ІТ-директор несе додаткову відповідальність: він повинен робити вибірку ресурсів, які потрібно перенести в хмару, вибрати постачальника та порівняти ціни на хмарні сервіси на ринку. Процес прийняття рішень щодо придбання хмарних сервісів є непростим. Провайдери зазвичай пропонують користувачам хмарні послуги на базі різних сервісів, які важко порівняти, оскільки вони складаються з різних функцій за різними цінами і з різним ступенем надійності. Таким чином, основним завданням підприємства стає максимізація рентабельності хмарних сервісів та мінімізація витрат та ризиків на їх впровадження. Оскільки рентабельність, вартість та ризики відрізняються за своїми критеріями, проблема насправді є багатокритеріальною проблемою оптимізації. Дослідження показують, що питання оптимізації процесів прийняття рішень щодо вибору хмарних сервісів для підприємств з врахуванням всіх цілей та критеріїв є складною науково-практичною проблемою і потребує вирішення.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Теоретичні й практичні аспекти щодо міграції ІТ-інфраструктур підприємств до хмарного середовища висвітлюються у працях таких зарубіжних та вітчизняних авторів, як Різа Дж. [1], Фінгара П. [2], Юдіна О. К. [3], Пушела Т. та Анандашивам А. [4], Занга К., Ченга Л. і Баутаба Р. [5], Парайсо Ф. та Надерера Н. [6], Бохлі Дж., Грушка Н. J. [7] та ін.

Провайдери хмар пропонують свої послуги у вигляді пакетів сервісів. Споживач, що купує сервіс SaaS, повинен використовувати також і

послуги PaaS та IaaS, які пропонуються хмарним провайдером. Споживач, який бажає придбати послугу PaaS, також повинен використовувати послуги IaaS від того ж хмарного провайдера. Практика об'єднання заважає споживачам, які хочуть споживати певні послуги від різних хмарних провайдерів. Як показують дослідження [5], в даний час деякі провайдери використовують для запуску сервісів платформи, які працюють в інфраструктурі інших провайдерів, але споживач не контролює подібний розподіл платформ, купуючи послуги від одного хмарного провайдера. Така практика обмежує вільну ринкову конкуренцію, змушуючи клієнтів платити за послуги, які вони можуть купувати у інших постачальників за більш низькими цінами. Наприклад, споживач може придбати платформу PaaS з пакету послуг одного хмарного провайдера, а послуги за моделлю IaaS від іншого провайдера, який продає відповідну інфраструктуру дешевше, ніж перший провайдер. Відповідно до дослідження [3], активно розробляються архітектури хмарних сервісів, які включають модульність, і це дозволить запускати елементи хмарного сервісу на різних платформах в різних хмарах. Дослідники в роботі [2] стверджують, що архітектура хмарних обчислень більш модульна, ніж традиційні архітектури хостинга. Компоненти хмарних сервісів легко інтегруються, що дозволяє створювати модульні програми, які в свою чергу, дозволять розподілити сервіси серед декількох хмар. В роботі [4] пропонується використовувати сервіси, розгорнуті в кількох хмарах, щоб забезпечити цілі безпеки.

Формулювання цілей статті. Метою статті є дослідження особливостей процесів прийняття рішень щодо вибору провайдерів хмарних сервісів, розробка моделі оптимізації такого вибору при використанні динамічної архітектури хмарного сервісу.

Основний матеріал дослідження. Сучасні хмарні сервіси стають дедалі більш модульними, динамічними та гетерогенними,

використовують як ресурси PaaS, так і IaaS. Хмарні провайдери надають можливість створювати та керувати хмарними сервісами, які розгортаються в декількох хмарах. Відповідно до динамічної моделі хмарного сервісу, користувач може купувати певні сервіси за моделлю SaaS з використанням ресурсів одного хмарного провайдера, і купувати послуги PaaS або IaaS у інших постачальників послуг. Розвиток динамічної архітектури вимагає технологічної стандартизації інтерфейсів, але забезпечує кращу інтероперабельність і можливість підключення різних структурних елементів. Крім того, структурні елементи сервісу мають реалізовувати принципи вільного зв'язку. На рис. 1 представлена динамічна архітектура хмарного сервісу, де користувачі отримують послуги від різних хмарних провайдерів для кожного рівня хмари.

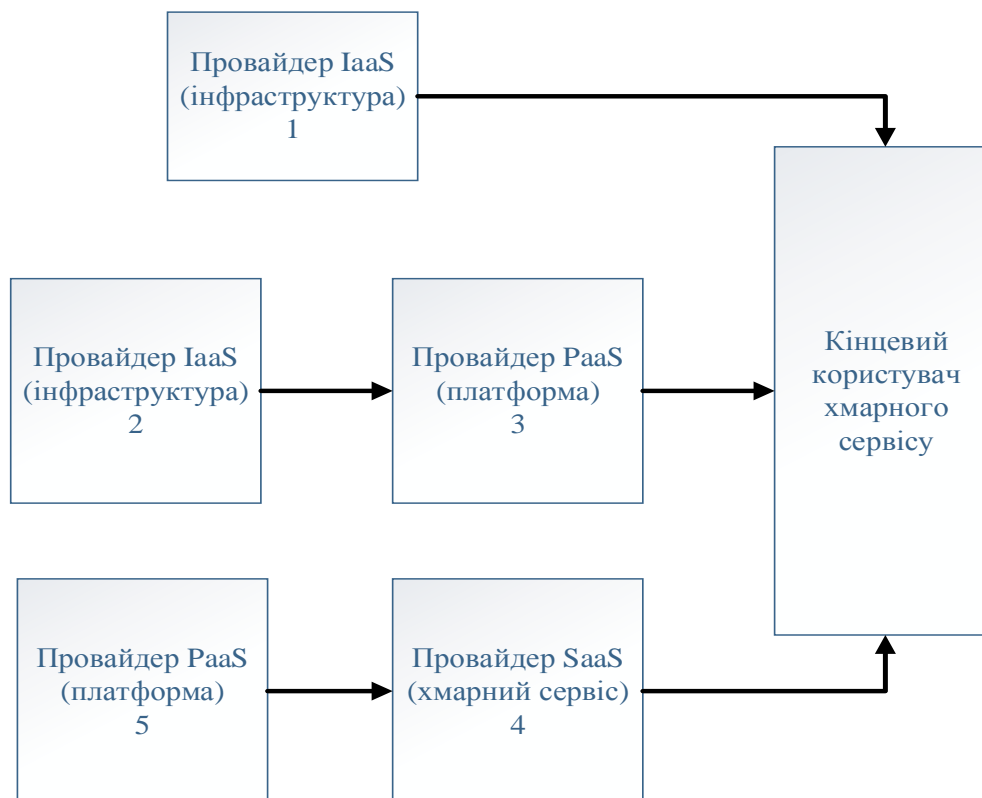


Рис. 1. Динамічна архітектура хмарного сервісу

Джерело: розробка автора

Бізнес споживає хмарні послуги від багатьох компаній, обираючи найкращу комбінацію постачальників послуг. Споживчий вибір хмарних

сервісів є багатокритеріальною моделлю і автором пропонується структурований підхід для усунення альтернатив та вибору оптимального варіанту.

Є три основні цілі, які користувачі хмарних сервісів прагнуть оптимізувати при виборі постачальників послуг:

- 1) Максимальна рентабельність сервісу;
- 2) Мінімальна вартість послуг;
- 3) Мінімальні ризики впровадження.

Різні одиниці виміру цих цілей є перешкодою для формування простої моделі прийняття рішень (головним чином вибір провайдера хмари та портфелю хмарних послуг). Можна перевести всі показники до грошового виміру, але це, як правило, суб'єктивний і далеко не точний метод. Для оптимізації моделі прийняття рішення необхідно розрахувати оригінальні дані кожного параметру (вартість, ефективність та ризик), відповідно до їх специфічних характеристик.

Вартість обчислюється згідно методів ціноутворення хмарних обчислень. Методи ціноутворення бувають: фіксованими - коли клієнт оплачує однакову ціну протягом всього часу та динамічними - за якими ціна міняється динамічно і залежить від ринку, тобто коли клієнт платить за реальний час на основі ринкових умов. Диференційне або динамічне ціноутворення припускає, що зміни цін динамічно корелюються відповідно до особливостей обслуговування, характеристик покупців, кількості придбаних обсягів послуг, або переваг замовника. Тим не менше, найбільш поширена модель, яка використовується в хмарних обчисленнях – це модель оплати за користування. В моделі з оплатою за користування споживачі платять комісійні залежно від ціни ресурсу, тривалості та обсягу споживання. Ресурсами є ІТ-компоненти, такі як апаратне забезпечення, операційні системи, бази даних, електронна пошта або корпоративні додатки. Обсяги виражені в одиницях ресурсів, таких як секунди

процесора, гігабайти даних на диску або в пам'яті, кількість друкованих сторінок тощо. В моделі з оплатою за користування споживачі не обмежуються обсягом або тривалістю використання сервісу, хоча деякі угоди обмежують обсяги до максимальної суми, що перевищує рівень обслуговування. Дослідники заявляють [8], що модель із оплатою за використання є найкращим драйвером вільної конкуренції на ринку та ефективного розподілу обчислювальних ресурсів на хмарному ринку. Відповідно до цього, нам необхідно провести порівняльний аналіз різних тарифних таблиць різних хмарних провайдерів в грошовому вимірі, таким чином оптимізуючи витрати на сервіс [9].

Для оцінювання рентабельності хмарного провайдера нами пропонується наступний метод в основі якого лежить оцінювання шести показників рентабельності хмарних сервісів, які наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Класифікація критеріїв оцінювання рентабельності використання хмарних сервісів для бізнесу

Критерії та показники рентабельності	Місце показника в оцінюванні
Гнучкість провайдера	Гнучкість допомагає знизити витрати на підключення нових користувачів (масштабування) і нового функціоналу до сервісу
Процес міграції	Чи можуть користувачі використовувати стандартні формати даних або вони повинні використовувати формати даних конкретного провайдера.
Продуктивність роботи користувачів	Визначається скорочення витрат і часу на обробку інцидентів і змін (зв'язок та підтримка клієнтів провайдером)
Економія коштів	Оцінка скорочення капітальних і операційних витрат від хмарних сервісів
Критичність для бізнесу	Визначається важливість хмарного сервісу при створенні нового бізнесу або при виході на новий ринок
Репутація провайдера	Репутація постачальників хмарних послуг впливає на відношення, переконання і довіру.

Розрахунок проводиться наступним чином: визначаються якісні показники ефективності, показники переводяться в бали відповідно до

шкали та відбувається розрахунок критерію за консолідованою формулою. При визначенні коефіцієнтів експерт повинен брати до уваги діапазон шкали показників і середньостатистичну бальну оцінку показника. Бал показника за шкалою дорівнює одиниці, якщо показник ефективності хмарного сервісу дуже високий (перевищує базовий в 2 рази і більше) або нулю, якщо показник ефективності дуже низький (відстає від базового на 100%).

Оцінювання ризиків в сфері хмарних обчислень – це питання, яке найбільше розглядається в наукових дослідженнях. Дослідники вважають, що ризики для безпеки є одними з найбільших перешкод на шляху до використання хмарних сервісів [7]. Ми зосередимось на оцінюванні ризику безпеки, оскільки ця категорія ризиків є основним інгібітором прийняття парадигми хмарних обчислень, не обмежуючи загальність пропонованої моделі.

Розрахунок показників оцінювання ризику безпеки проводиться наступним чином: проводиться аналіз необхідних показників і стандартів, виходячи з відповідей провайдерів хмарного сервісу, виставляється бальна оцінка експертом ступеня відповідності вимогам безпеки з використанням теорії нечітких множин (побудова функції приналежності) та подаються згорнуті значення показників відповідно до існуючих методичних вказівок. Розрахунок критерію безпеки сервісу проводиться за формулою (1).

$$P_{ib} = k_1 * Z_{bd} + k_2 * Z_t + k_3 * Aunt + k_4 * I_k + k_5 * N_p + k_6 * ZR_c; (1)$$

де, Z_{bd} - відносний показник надійності збереження даних;

Z_t - показник захисту даних при трансфері;

$Aunt$ - критерій складності аутентифікації користувачів;

I_k - відносний показник відокремлення користувачів;

N_p - коефіцієнт вирішення нормативно-правових питань;

R_c - відносний показник часу реакції на інциденти;

$k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6$ – коефіцієнти ступеня впливу.

Для забезпечення відповідності характеристикам показники мають ранг (коефіцієнт вагомості). Визначення рангу показників експерт здійснює за допомогою призначення ваг, враховуючи середньостатистичні бали оцінювання показників та діапазон значень критерію

Модель багатокритеріальної оптимізації вибору постачальника хмарних сервісів ми можемо представити у вигляді двох бізнес-моделей.

Перша бізнес-модель, це придбання пакету пов'язаних між собою комплексних послуг усіх трьох рівнів хмари, в яких організація купує всі хмарні послуги від єдиного постачальника послуг, і яка заснована на стандартній архітектурі хмарного сервісу.

Друга бізнес-модель, це модель вибору найкращих провайдерів сервісів на кожному рівні хмари окремо, серед всієї множини хмарних провайдерів. Ця бізнес-модель базується на динамічній архітектурі хмарного сервісу, яку наведено на рис.1.

Хмари мають три фундаментальних рівні (IaaS, PaaS, SaaS) і хмарні провайдери традиційно намагаються поєднати свої послуги на всіх рівнях, щоб прив'язати споживачів до них у всіх трьох рівнях. У цьому випадку клієнт повинен розглянути та вибрати лише одного з потенційних провайдерів хмар. Припустимо, що для порівняння у нас є n хмарних провайдерів: кожен з них пропонує пакет сервісів, який має рентабельність для споживачів з відповідними ризиками впровадження і за певну вартість. Тому, порівняльний аналіз n хмарних провайдерів здійснюється шляхом порівняння їх n тривимірних точок. Тому важливим є створення механізму для проведення подібних тривимірних порівнянь.

З іншого боку, якщо ми припустимо, що на хмарному ринку дозволено придбання послуг для кожного рівня хмари незалежно від іншого рівня, нам доведеться повторювати вибір між провайдерами три рази (тобто, $i = 1,2,3$): дане порівняння кожного рівня базується на

кількості хмарних провайдерів, що забезпечують цей рівень - кожен з них є тривимірною моделлю.

Запропонований метод заснований на приведенні кожного оцінювання до загальної шкали, яка дозволить загальне представлення (зберігаючи оригінальні дані), також метод збереже три окремі виміри для аналізу (на відміну від приведення даних до грошової оцінки). Метод працює наступним чином: для кожного параметра ми приведемо найвищу характеристику до 10, а найменшу до 5. Інші бали потім інтерполюються в цьому діапазоні. Далі ми відкидаємо хмарних провайдерів, які мають найгірші показники за будь-яким виміром. Циклічний процес виключення хмарних провайдерів продовжується, доки в нас не залишиться один варіант. Розглянемо приклад використання методу. Таблиця 2 містить оригінальні значення рентабельності, вартості та оцінки ризику для чотирьох хмарних провайдерів. Таблиці 3 та 4 нормалізують вихідні значення до однієї загальної шкали.

Таблиця 2

Вхідні дані для вибору постачальника хмарних послуг

Хмарний провайдер	Рентабельність (за рік)	Вартість (за рік, млн. грн.)	Оцінювання ризику (за рік)
1	7	1,8	8
2	8	1,5	12
3	10	2,1	15
4	8	1,4	9

Таблиця 3

Загальний розрахунок показників

Хмарний провайдер	Рентабельність (за рік)	Вартість (за рік, млн. грн.)	Оцінювання ризику (за рік)
оптимальні	10	1,4	8
найменш оптимальний	7	2,1	15
діапазон	3	0,7	7
максимум	10	10	10
мінімум	5	5	5
нова шкала діапазону (діапазон/мін)	0,6	0,14	1,4

Таблиця 4

Загальна шкала вибору постачальника хмарних послуг

Хмарний провайдер	Рентабельність (за рік)	Оцінювання вартості (за рік)	Оцінювання ризику (за рік)
1	5	12,8	10
2	6,67	10,7	7,14
3	10	5	5
4	6,67	10	9,29

У цьому випадку третій провайдер є гіршим з точки зору витрат і ризиків, і отже, усувається. Перший провайдер гірший з точки зору корисності, і тому він теж усувається. Тоді для решти другого і четвертого провайдера: Другий провайдер має два мінімальних значення, а четвертий - лише одне, тому він обирається як найкращий варіант. Ми також можемо ввести додаткове правило: якщо якийсь параметри мають однакові значення, то можна застосувати шкалу з табл. 2: 0,6 рентабельності = 140 тис. грн. = 1,4 ризику тобто одиниця рентабельності = 233,3 тис. грн. = 2,33 ризику.

На відміну від пакету сервісів від одного хмарного провайдера, у випадку, коли дозволено придбання сервісів окремо для кожного рівня хмари нам доведеться повторити вибір між n провайдерами для кожного рівня ($i = 1,2,3$): кожен рівень порівняльного аналізу ґрунтується на кількості хмарних провайдерів, які забезпечують цей рівень, кожна комбінація рівня і провайдера все ще буде тривимірною точкою. В табл. 5 наведено розподілені дані по трьох рівнях хмари.

Таблиця 5

Вхідні дані для вибору постачальника хмарних послуг для динамічної архітектури хмарних сервісів

Хмарний провайдер	Рентабельність (за рік)			Вартість (за рік, млн. грн.)			Оцінювання ризику (за рік)		
	IaaS	PaaS	SaaS	IaaS	PaaS	SaaS	IaaS	PaaS	SaaS
1	2	3	3	0,45	0,55	0,8	2	3	3
2	2	2	3	0,45	0,45	0,6	4	4	4
3	3	3	4	0,45	0,85	0,8	5	5	5
4	3	3	2	0,3	0,5	0,6	3	3	3

Дані з табл.5. розбиваються на три рівня, як показано в таблиці 6, де наведено детальні розрахунки оптимізації сервісів IaaS. Сервіси PaaS та SaaS розраховуються аналогічно.

Таблиця 6

Загальна шкала вибору постачальника хмарних послуг для динамічної архітектури хмарних сервісів рівня IaaS

Хмарний провайдер	Рентабельність (за рік)	Оцінювання вартості (за рік)	Оцінювання ризику (за рік)
1	5	5	5
2	5	5	6,7
3	10	5	10
4	10	10	8,3

Ми бачимо, що перший та другий провайдери мають мінімальну рентабельність, а третій має максимальне значення ризику. Таким чином, тільки четвертий провайдер залишається, і він буде найкращим вибором для рівня IaaS.

Ця процедура повторюється ще раз для рівнів PaaS і SaaS. Здійснивши синтез даних вибору на кожному рівні хмари ми отримаємо, що для рівнів IaaS та PaaS найкращим вибором є четвертий провайдер; а на рівні SaaS відповідно перший провайдер. Узагальнено, оптимізація вибору для кожного з трьох рівнів хмари обов'язково дасть або порівнювані, або кращі результати, ніж вибір одного провайдера для сервісів підприємства.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Запропонована модель використовує

динамічну архітектуру хмарного сервісу, яка дозволяє користувачам купувати послуги від декількох хмарних провайдерів, кожен з яких пропонує послуги різних рівнів хмари. Спираючись на динамічну організацію архітектури хмарного сервісу, вони можуть досягти більших переваг порівняно з стандартною архітектурою сервісів.

Подальші дослідження можливі в декількох напрямках. По-перше, це розробка моделі, яка буде виконувати аналіз чутливості для змін за кожним виміром. Другим напрямком є створення методів оцінювання, які допоможуть користувачам визначати вагу критеріїв для прийняття рішень, що в даний час виконується суб'єктивно та інтуїтивно.

Наразі організації оцінюють свої майбутні витрати на хмарні сервіси для прийняття своїх рішень щодо їх впровадження (а також їх ефективності та оцінки ризику) за загальними методами, не спираючись на об'єктивні кількісні заходи і не враховуючи конкретну поточну конфігурацію сервісу. Розроблена модель допоможе приймати більш структуровані та кількісні рішення.

Література

1. Риз Дж. Облачные вычисления / Дж. Риз. /Пер с англ. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 288 с.
2. Фингар П. Облачные вычисления – бизнес-платформа XXI века / Питер Фингар. – М.: Акварина, 2011. – 256 с.
3. Юдін О. К. Хмарні технології організації інтегрованих корпоративних мереж / О. К. Юдін, Р. В. Зюбіна, Т. В. Зюбін // Інформаційна безпека. – 2013. – Т. 11. – №. 3. – С. 112–127.
4. Pueschel T., Anandasivam A., Buschek S. and Neumann D. "Making money with clouds: Revenue optimization through automated policy decisions". ECIS – European Conference on Information Systems 17, 2009.

5. Zhang Q., Cheng L. and Bautaba R. "Cloud computing: State-of-the-art and Research challenges", *J Internet Serv Appl* 1:7-18, 2010.
6. Paraiso F., Haderer N., Merle P., Rouvoy R. and Seinturier L. "A Federated Multi-Cloud PaaS Infrastructure", *IEEE Fifth International Conference on Cloud Computing*, 2012. [Электронный ресурс]<https://hal.inria.fr/hal-00694700/document>
7. J. Bohli, N. Gruschka, M. Jensen, L.L. Iacono, and N. Marnau, "Security and Privacy-Enhancing Multi cloud Architectures", *IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing*, Vol. 10, No' 4, 2013.
8. Weinhardt C., Blau B., Stößer J. "Cloud Computing – A Classification, Business Models, and Research Directions". *Business & Information Systems Engineering* 05/2009. [Электронный ресурс]:
<https://www.researchgate.net/file.PostFileLoader.html?id=59aa523996b7e491ff4c2938&assetKey=AS%3A534031306629120%401504334393665>
9. Zhenyu Wen, Jacek Cała, Paul Watson, Alexander Romanovsky "Cost Effective, Reliable and Secure Workflow Deployment over Federated Clouds" Published in: *IEEE Transactions on Services Computing* (Volume: 10, Issue: 6, Nov.-Dec. 1 2017) pp. 929 – 941, doi: 10.1109/tsc.2016.2543719

References

1. Ryz Dzh. Oblachnie vichyslenyya / Dzh. Ryz. /Per s anhl. – SPb.: BKhV-Peterburh, 2011. – 288 s.
2. Fynhar P. Oblachnie vichyslenyya – byznes-platforma XXI veka / Pyter Fynhar. – M.: Akvamarinovaya knyha, 2011. – 256 s.
3. Yudin O. K. Khmarni tekhnolohii orhanizatsii intehrovanykh korporatyvnykh merezh / O. K. Yudin, R. V. Ziubina, T. V. Ziubin // *Informatsiina bezpeka*. – 2013. – T. 11. – #. 3. – S. 112–127.

4. T. Pueschel, A. Anandasivam, S. Buschek, and D. Neumann, "Making money with clouds: Revenue optimization through automated policy decisions". ECIS - European Conference on Information Systems 17, 2009.
5. Q. Zhang, L. Cheng, and R. Bautaba, "Cloud computing: State-of-the-art and Research challenges", J Internet Serv Appl 1:7-18, 2010.
6. F. Paraiso, N. Haderer, P. Merle, R. Rouvoy, and L. Seinturier, "A Federated Multi-Cloud PaaS Infrastructure", IEEE Fifth International Conference on Cloud Computing, 2012. [Elektronnyy resurs]:<https://hal.inria.fr/hal-00694700/document>
7. J. Bohli, N. Gruschka, M. Jensen, L.L. Iacono, and N. Marnau, "Security and Privacy-Enhancing Multi cloud Architectures", IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing, Vol. 10, No' 4, 2013.
8. C. Weinhardt, B. Blau, J. Stößer, "Cloud Computing – A Classification, Business Models, and Research Directions". Business & Information Systems Engineering 05/2009. [Elektronnyy resurs]:
9. <https://www.researchgate.net/file.PostFileLoader.html?id=59aa523996b7e491ff4c2938&assetKey=AS%3A534031306629120%401504334393665>
10. Zhenyu Wen, Jacek Cała, Paul Watson, Alexander Romanovsky "Cost Effective, Reliable and Secure Workflow Deployment over Federated Clouds" Published in: IEEE Transactions on Services Computing (Volume: 10, Issue: 6, Nov.-Dec. 1 2017) pp. 929 – 941, doi: 10.1109/tsc.2016.2543719