

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 University of Economics named after Vadym Hetman*

**КОНЦЕПТУАЛЬНІ ЗАСАДИ ОРГАНІЗАЦІЇ ХМАРНИХ
ПРОВАЙДЕРІВ
КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЛАЧНЫХ
ПРОВАЙДЕРОВ
CONCEPTUAL BASIS OF CLOUD PROVIDERS**

Анотація. Парадигма хмарних обчислень та пов'язані з нею технології набувають популярності серед підприємств ІТ-галузі через те, що вони дозволяють використовувати дорогі технології за низькою ціною. Провайдери хмарних сервісів пропонують своїм клієнтам різні пакети послуг з різними моделями оплати. Хмарні технології служать альтернативою традиційної моделі локального використання апаратного

та програмного забезпечення. Метою статті є розробка теоретико-методологічних підходів до визначення суті та особливостей функціонування центрів обробки даних хмар, та розробка класифікації джерел продуктивності і бізнес-моделей хмарних провайдерів. У літературі ми знаходимо деякі наукові дослідження, що описують структури та архітектури хмарних провайдерів, однак бракує загальної систематизації, яка охоплювала б всі економічні аспекти їх роботи. Процеси створення і використання хмарних сервісів мають свою економічну складову, вони характеризуються витратами праці і коштів з одного боку, і отриманням прямого або непрямого прибутку - з іншого. Хмарний провайдер може розглядатися як компанія, яка орендує своїм клієнтам безліч надійних віртуальних ресурсів (будь-якого апаратного або програмного забезпечення) відповідно до певної бізнес-моделі. Складність сучасних хмар визначає необхідність звернення до методів економіко-математичного моделювання. Сутність цієї статті полягає у систематизації даних щодо джерел продуктивності та бізнес-моделей хмарних провайдерів і в їх аналізі з погляду систем управління ресурсами, апаратного забезпечення та показників ефективності. Ми виявили спільні особливості у хмарних провайдерів, намагаючись встановити загальну термінологію, виділити напрямки, які добре охоплені існуючими рішеннями, і вказати критичні напрямки, які потребують подальшого дослідження та класифікації.

Ключові слова: *інформаційні технології, хмарні обчислення, хмарні сервіси, моделі, хмарні платформи, системний аналіз, хмарні провайдери.*

Анотація. *Парадигма облачных вычислений и связанные с ней технологии приобретают популярность среди предприятий ИТ-отрасли из-за того, что они позволяют использовать дорогостоящие технологии по низкой цене. Провайдеры облачных сервисов предлагают своим клиентам*

различные пакеты услуг с различными моделями оплаты. Облачные технологии служат альтернативой традиционной модели локального использования аппаратного и программного обеспечения. Целью статьи является разработка теоретико-методологических подходов к определению сущности и особенностей функционирования облачных центров обработки данных, и разработка классификации источников производительности и бизнес-моделей облачных провайдеров. В литературе мы находим некоторые научные исследования, описывающие структуры и архитектуры облачных провайдеров, но им не хватает общей систематизации, которая охватывала бы все экономические аспекты работы провайдеров. Процессы создания и использования облачных сервисов имеют свою экономическую составляющую, они характеризуются затратами труда и средств с одной стороны, и получением прямого или косвенного дохода - с другой. Облачный провайдер может рассматриваться как компания, которая арендует своим клиентам множество надежных виртуальных ресурсов (любого аппаратного или программного обеспечения) в соответствии с определенной бизнес-моделью. Сложность современных облаков определяет необходимость обращения к методам экономико-математического моделирования. Сущность этой статьи заключается в систематизации данных об источниках производительности и бизнес-моделях облачных провайдеров и в их анализе с точки зрения систем управления ресурсами, аппаратного обеспечения и показателей эффективности. Мы обнаружили общие особенности у облачных провайдеров, пытаюсь установить общую терминологию, выделить направления, которые хорошо охвачены существующими решениями, и указать критические направления, которые требуют дальнейшего исследования и классификации.

Ключевые слова: информационные технологии, облачные вычисления, облачные сервисы, модели, облачные платформы, системный анализ, облачные провайдеры.

Summary. The paradigm of cloud computing and its associated technology is gaining momentum among IT companies because they allow you to use expensive technology at a low cost. Currently, cloud providers provide package services that include software and infrastructure elements with different payment models. Cloud technology is an alternative to the traditional model of local hardware and software use. The purpose of the article is to develop theoretical and methodological approaches to the definition of the essence and features of the operation of cloud data centers, and the development of classification of the sources of productivity and business models of cloud providers. We find in the literature some works describing the structures and architectures of cloud providers, but there is a lack of general systematization that would cover all economic aspects of their work. The processes of creating and using cloud services have their own economic component, they are characterized by labor costs and funds on the one hand, and the receipt of direct or indirect income - on the other. Cloud provider can be regarded as a company that leases to its customers a number of reliable virtual resources (any hardware or software) according to a certain business model. The complexity of modern clouds determines the need to apply methods of economic and mathematical modeling. The essence of this article is to systematize the data on the sources of performance and business models of cloud providers and to analyze them from the point of view of resource management systems, hardware and performance indicators. We have discovered common features among cloud providers in an attempt to establish a common terminology, identify areas that are well covered by existing solutions, and identify critical areas that require further research and classification.

Key words: *information technologies, cloud computing, cloud services, models, cloud platforms, cloud providers.*

Постановка проблеми. Доступ до хмарних сервісів через Інтернет дозволяє використовувати широкий спектр можливостей спільної роботи та зберігання даних у безпечній інфраструктурі. Хмарна обчислювальна система є своєрідним центром обробки даних, який використовує в якості бази Інтернет. Парадигма хмарних обчислень надає хмарним провайдерам базову перевагу — можливість розгортати програмне забезпечення в хмарі. Хмарні технології дозволяють користувачам перекладати вирішення багатьох проблем на постачальників хмар.

Актуальність теми дослідження обумовлена тим, що, що основний вигравш від хмарних технологій полягає в можливості більш ефективно розподіляти ресурси. Іншими словами, головним стимулом до впровадження хмарних обчислень має бути не економія грошових коштів, а можливість швидкої адаптації і динамічної масштабованості, що дозволить підвищити швидкість впровадження нових сервісів, та розвиток інноваційних технологій. Існуючі моделі центрів обробки даних хмарних провайдерів не достатньою висвітлюють економічні аспекти роботи хмарного середовища. Необхідно розробити нові моделі хмарних центрів обробки даних, визначити та класифікувати джерела продуктивності хмарних провайдерів та їх бізнес-моделі для врахування нових тенденцій розвитку хмарних технологій.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Існує багато наукових досліджень, в яких розглядаються математичні моделі хмарних центрів обробки даних. В роботі Д. Гускоса [1] було представлено простий підхід до моделювання певних атрибутів керування веб-службами. В роботах Дж. Томаса [2] розроблено модель розподіленої веб-служби, та розглянуто питання моделювання потоку повідомлень та методів у транзакціях веб-

сервіса. Р. Леві [3] представив архітектуру та модель системи управління ефективністю для кластерного Веб-сервісу. В дослідженні Р Буйя [4] було запропоновано використання методів ринкового управління ресурсами, для регулювання пропозиції та попиту хмарних ресурсів, та наведено архітектуру подібної системи управління ресурсами хмари. Підбиваючи підсумок, можна заявити, що на теперішній час немає єдиного наукового дослідження, що описує всі практики та моделі роботи хмарних провайдерів з врахуванням ієрархії хмарного середовища та економічних чинників.

Формулювання цілей статті. Метою статті є розробка теоретико-методологічних підходів до визначення суті та особливостей функціонування центрів обробки даних хмар, та розробка класифікації джерел продуктивності і бізнес-моделей хмарних провайдерів.

Основний матеріал дослідження.

В даній статті ми розглядаємо в якості хмарного провайдера віртуалізований центр обробки даних з ідентичними фізичними машинами, які можуть підтримувати виконання декількох гетерогенних віртуальних машин (ВМ). Аналіз фундаментальних особливостей хмарних обчислень дозволяє нам визначити саме таку структуру хмарного провайдера. Також ми введемо умову, що кожен сервер взаємопов'язаний з високошвидкісною локальною мережею та має каналу зв'язку високої пропускнуої здатності з мережею Інтернет. На рис. 1. наведено ключові компоненти моделі хмарного ЦОД, які приймають участь в процесі планування сервісів на віртуальних машинах.

Компонент *контролера надходження запитів* вирішує, чи може бути виділена віртуальна машина (для сервіса), і чи можуть бути виконані вимоги QoS з урахуванням кількості доступних ресурсів.

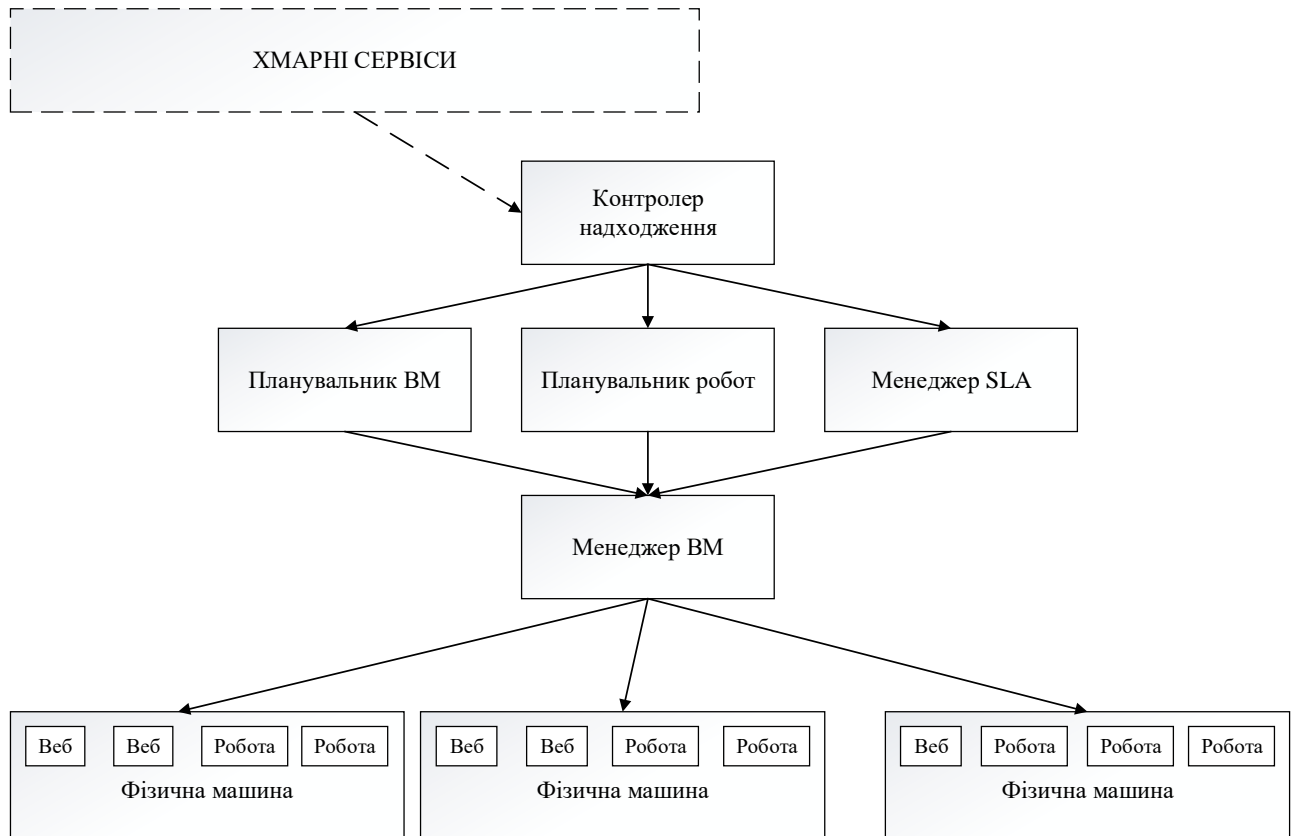


Рис. 1. Модель хмарного центра обробки даних (ЦОД)

Якщо сервіс прийнято до виконання, угоду SLA підписано, а ставки штрафів визначені разом з користувачем, *планувальник віртуальних машин* вирішує, який сервер (ВМ) повинен виконувати даний новий хмарний сервіс, і таким чином генерує графіки виконання для всіх прийнятих сервісів.

Менеджер ВМ ініціює віртуальні машини і виділяє для них сервери, які мають необхідну потужність. *Планувальник робіт* призначає сервісу виділену для нього нову ініційовану віртуальну машину. *Менеджер SLA* контролює поточні угоди SLA та рівень обслуговування для будь-якої прийнятої заявки.

Передбачається, що центр обробки даних отримає два типи робочого навантаження, тобто транзакційні та неінтерактивні пакетні завдання. Оскільки обидва типи мають різні вимоги QoS, використовуються різні моделі завантаження.

Таким чином, роль планувальника віртуальних машин та контролера надходження запитів виходить за рамки даного дисертаційного дослідження. Ми зосередимось на ролі менеджера віртуальних машин та планувальника робіт, для розподілу сервісів на доступні віртуальні машини. Для цього запропонуємо наступну математичну модель хмарного провайдера на базі [4]. ЦОД хмарного провайдера можна уявити у вигляді неорієнтованого графа

$$CP(M, D, S), \quad (1)$$

де $M = \{0, 1, 2, \dots, n\}$ - це набір вузлів, що представляють віртуальні машини. Тут ми припускаємо, що "вузол 0" представляє менеджера ВМ, тоді як вузли 1, 2 та інші представляють наявні віртуальні машини центра обробки даних;

$D = \{(i, j): i, j \in M, i \neq j\}$ - це сукупність дуг, що з'єднує вузли, та має транспортні витрати (відстань);

$S = \{s_{ij}: i, j \in M, i \neq j\}$ - це вартість переходу між вузлами.

Нехай R – загальна кількість запитів від сервісів, кожний з місткістю ξ_s , який призначає завдання для VM_s (віртуальної машини) на основі стохастичних вимог. Відповідно вимоги віртуальної машини є стохастичними змінними Z_i , де $i = \{0, 1, \dots, n\}$, які є незалежно розподіленими з відомими розподілами. Тут фактичні потреби кожної віртуальної машини є невідомими, доки запит не надходить до віртуальної машини. Тут ми припускаємо, що вимога Z_i не перевищує ξ_s і дотримується дискретного розподілу та функції імовірності P_{id} .

$$P_{id} = P(Z_i = d),$$

де d - вимога віртуальної машини та $d \in N$ – набору цілих чисел.

Для хмарних сервісів, наприклад, тих, що належать до області наукових досліджень, стійка продуктивність, яку демонструє хмарне середовище IaaS, є важливим елементом систематики, який потрібен для

досягнення ефективності використання коштів. Спочатку, визначимо класифікацію джерел продуктивності хмарних провайдерів (див. рис.2.)

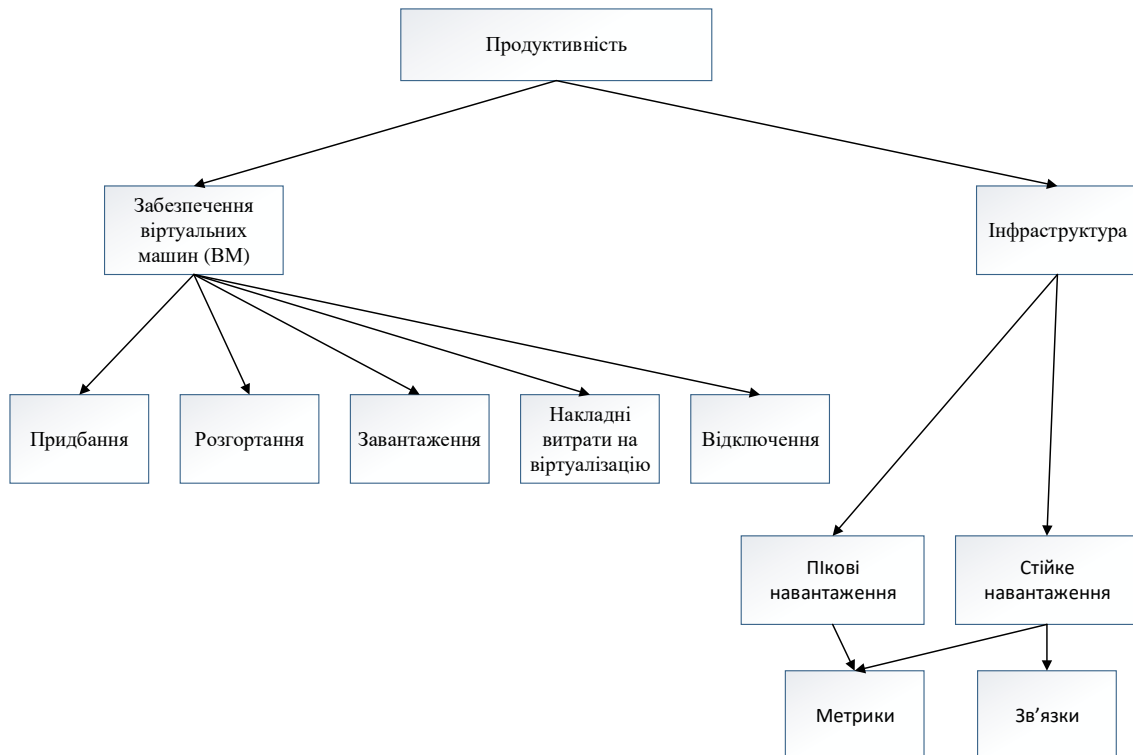


Рис. 2. Класифікація джерел продуктивності хмарних провайдерів

В якості першого джерела ми можемо визначити накладні витрати на забезпечення віртуалізації, котрі складаються з п'яти компонентів: придбання сервера, розгортання зображення на придбаному сервері, завантаження та запуск віртуальних машин, накладні витрати на віртуалізацію та відключення ВМ, коли вони більше не потрібні.

Друге джерело – інфраструктура провайдера, відноситься до продуктивності, отриманої сервісом за допомогою декількох ВМ. Особливо критичним в парадигмі хмарних обчислень є той факт, що зображення ВМ та прикладне програмне забезпечення, можуть бути розгорнуті на фізичних машинах із потенційно різними (хоча і сумісними) архітектурами (наприклад, Xeon або Opteron, з 64 або 32-бітною емуляцією), і тому мають значні втрати продуктивності. Для кількісного визначення цього важливого

аспекту потрібно нормалізувати стабільну продуктивність, виміряну за допомогою класичних показників, до максимальної продуктивності провайдера, щоб зрозуміти реальний коефіцієнт ефективності призначених цін.

У випадку PaaS роль хмарного користувача буде розподілена на постачальника платформ та постачальника сервісів, де міра розподілу залежить від обсягу наданої платформи. Наприклад, за допомогою Microsoft Azure [5] постачальники сервісів відповідають за контроль доступу та відправлення запитів, тоді як у Google App Engine [6] платформа автоматично обробляє масштабування попиту, відкриваючи примірники сервісів прозоро та збільшуючи обсяг робочого навантаження. У випадку SaaS платформа та постачальник сервісів є однією організацією, і ця організація також буде провайдером хмари; вона відповідатиме за всю функціональність управління ресурсами.

Бізнес-моделі відіграють центральну роль для хмарних провайдерів, оскільки вони є одним із базових механізмів, який дозволяє провайдерам здавати в оренду апаратні засоби останнього покоління своїм клієнтам. Ми виділяємо три елементи класифікації бізнес-моделей: модель оплати, ціноутворення та угода про рівень обслуговування.

1) *Модель оплати:* як частина моделі оплати, ми визначили два основних підходи серед опитаних постачальників:

- Авансовий платіж є розповсюдженою моделлю для компаній веб-хостингу [7] і вимагає від клієнтів передоплати за певну кількість обчислювальних одиниць, які вони споживають протягом певного періоду (щомісяця або щорічно);
- Плата за споживання, модель, яка підтримується більшістю провайдерів IaaS [8], - це більш гнучка модель, яка передбачає

лише плату за ефективну кількість використуваних ресурсів, передоплата не потрібна.

2) *Ціноутворення*: ціна, яку повинен заплатити клієнт, складається з різних компонентів. Усі постачальники пропонують ряд передплачених пакетів послуг, які намагаються охопити великий спектр вимог клієнтів. Ціни на час використання віртуальних машин відповідають налаштуванню ВМ (процесор, пам'ять, жорсткий диск) і в певному сенсі пропорційні своїм можливостям. Керування даними має дві цінові компоненти:

- кількість (гігабайт) трафіку вхідних і вихідних даних.
- кількість зберігання даних в місяць, що використовується замовником.

3) *Угоди про рівень обслуговування (SLA)* - це бізнес-компонент, який є надзвичайно важливим для хмарних обчислень та являє собою договір, що визначає мінімальні зобов'язання хмарного провайдера відносно своїх клієнтів або майбутніх покупців в обмін на оплату.

Наприклад, Amazon EC2 платить клієнтам так званий сервісний кредит у випадку, якщо EC2 не відповідає річному проценту часу безперервної роботи 99.95%. Провайдер Rackspace Cloud відшкодовує відсоток від суми кредиту на основі відсотка простоїв (до 100 % відшкодування у випадку безвідмовної роботи нижче 95,5%) [8].

Ми пропонуємо наступну класифікацію бізнес-моделей хмарних провайдерів, в розрізі трьох виділених елементів (модель оплати, модель ціноутворення та угода про рівень обслуговування SLA), представлену на рис. 3.

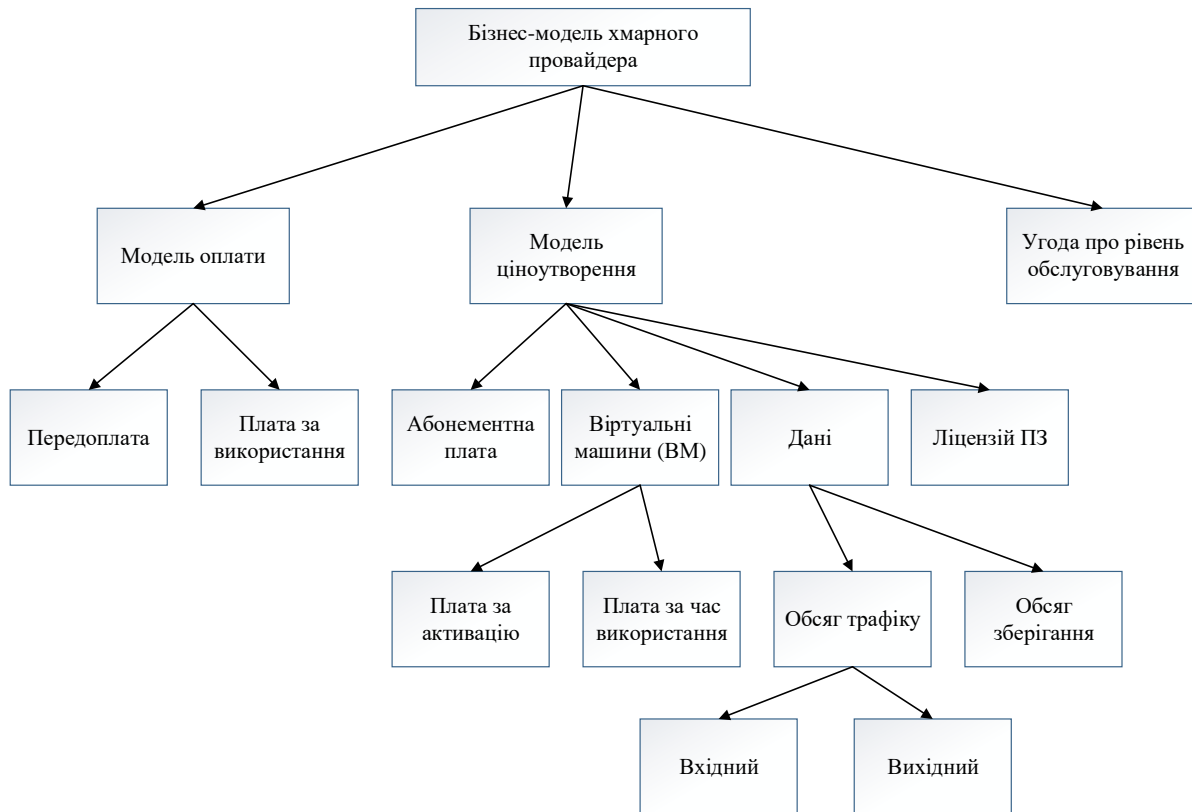


Рис. 3. Класифікація бізнес-моделей хмарних провайдерів

Динамічне ціноутворення хмарних ресурсів, в яких ціни на сервіси динамічно встановлюються ціновими агентами, є новою тенденцією в моделях IaaS та PaaS. Хмарні користувачі можуть використовувати неоднорідність продуктивності віртуальних машин, орендованих у провайдера IaaS, з метою зниження їх витрат — цей процес називається "ігровим розміщенням". У контексті парадигми хмарних обчислень моделювання та формулювання процесу ціноутворення ресурсів починається з розуміння та моделювання поведінки споживачів (тобто хмарних користувачів або кінцевих користувачів) з погляду побудови моделей попиту та чутливості до ціни.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. У даній статті ми запропонували аналіз структури та класифікацію бізнес-моделей хмарних провайдерів, яка включає важливі елементи, що характеризують інфраструктуру хмарних

обчислень: модель обслуговування, модель розгортання ресурсів, апаратне забезпечення, налаштування часу виконання, бізнес-моделі та продуктивність. Ми виявили спільні особливості у хмарних середовищах, намагаючись встановити загальну термінологію, виділити напрямки, які добре охоплені існуючими рішеннями, і вказати критичні напрямки, які потребують подальшого дослідження.

Для підприємств застосування хмарних технологій дозволить позбутися періодичних витрат, пов'язаних зі створенням та підтримкою власної ІТ-інфраструктури. Використання хмарних технологій має перевагу й у тому, що дає змогу вивільнити частину коштів, які можна спрямувати на вирішення завдань для основного бізнесу. Хмари дозволяють використовувати інноваційні, раніше недоступні для підприємств додатки та системи (хмарні сервіси), і подальші дослідження мають стосуватися вдосконалення їх організації та методів побудови на основі економіко-математичних методів. Розглянуті методи та класифікації можуть використовуватися в різних областях економіки та управління для оцінювання проектів розробки хмарних сервісів.

Література

1. Gouscos D. An approach to modeling Web service QoS and provision price / D. Gouscos, M. Kalikakis, and P. Georgiadis, // in Proceeding 3rd International Conference on Web Information Systems Engineering Workshops. – 2003. - pp. 121-130.
2. Thomas J.P. Modeling of Web service flow / J.P Thomas, M.Thomas and G.Ghinea // in Proceeding IEEE International Conference on E-Commerce (CEC 03). – 2003. –pp. 391-398.
3. Levy R. Performance management for cluster based Web services / R.Levy, J Nagarajaro, G. Pacifici, M. Spreitzer , A. Tantawi, and A. Youssef // in

Proceeding IFIP/IEEE 8th International Symposium on Integrated Network Management – 2003. – pp. 247-261.

4. Buyya R. Market-Oriented Cloud Computing: Vision, Hype, and Reality for Delivering IT Services as Computing Utilities /Rajkumar Buyya, Chee Shin Yeo, Srikumar Venugopal // The 10th IEEE International Conference on High Performance Computing and Communications, IEEE Computer Society – 2008. – pp. 5-13.
5. Windows Azure Compute [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.windowsazure.com/en-us/home/features/cloud-services>
6. Google App Engine [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://appengine.google.com/>
7. GoGrid “Cloud hosting: Instant windows and linux cloud servers” [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gogrid.com/>
8. Rackspacecloud“Cloud hosting products-using the power of cloud computing by rackspace [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.rackspacecloud.com/>

References

1. Gouscos D. An approach to modeling Web service QoS and provision price / D. Gouscos, M. Kalikakis, and P. Georgiadis, // in Proceeding 3rd International Conference on Web Information Systems Engineering Workshops. – 2003. - pp.121-130.
2. Thomas J.P. Modeling of Web service flow / J.P Thomas, M.Thomas and G.Ghinea // in Proceeding IEEE International Conference on E-Commerce (CEC 03). – 2003. –pp. 391-398.
3. Levy R. Performance management for cluster based Web services / R.Levy, J Nagarajaro, G. Pacifici, M. Spreitzer , A. Tantawi, and A. Youssef // in

Proceeding IFIP/IEEE 8th International Symposium on Integrated Network Management – 2003. – pr. 247-261.

4. Buyya R. Market-Oriented Cloud Computing: Vision, Hype, and Reality for Delivering IT Services as Computing Utilities / Rajkumar Buyya, Chee Shin Yeo, Srikumar Venugopal // The 10th IEEE International Conference on High Performance Computing and Communications, IEEE Computer Society – 2008.- pp. 5-13.
5. Windows Azure Compute [Elektronny`j resurs]. – Rezhy`m dostupu: <http://www.windowsazure.com/en-us/home/features/cloud-services>.
6. Google App Engine [Elektronny`j resurs]. – Rezhy`m dostupu: <https://appengine.google.com/>
7. GoGrid "Cloud hosting: Instant windows and linux cloud servers" [Elektronny`j resurs]. – Rezhy`m dostupu: <http://www.gogrid.com/>
8. Rackspacecloud "Cloud hosting products-using the power of cloud computing by rackspace" [Elektronny`j resurs]. - Rezhy`m dostupu: <http://www.rackspacecloud.com/>