

## ВПЛИВ ЦІНОУТВОРЕННЯ ХМАРНИХ СЕРВІСІВ НА ПРИБУТОК ПРОВАЙДЕРА, СПОЖИВЧИЙ НАДЛИШОК І СУСПІЛЬНИЙ ДОБРОБУТ

*В.М. Горбачук, С.О. Гавриленко*

Провайдери хмарних рішень надають в оренду засобами захищених інтернет-з'єднань обчислювальні потужності та дисковий простір, а їхні споживачі сплачують лише за вибрані ними ресурси з можливостями гнучкого масштабування, що дозволяє цілком адекватно замінювати і розвивати свою цифрову інфраструктуру без юридичних прав власності на обладнання чи програмне забезпечення. В результаті замовники хмарних послуг дістають готові сервіси, а їхні провайдери – необхідні ресурси для подальшого розвитку своїх послуг. Робота присвячена обчисленню сумарному виграшу всіх учасників такого ринку при різних моделях ціноутворення.

Ключові слова: хмарні послуги, ціноутворення за підпискою, ціноутворення від оплати за користування, двочастинний тариф, байдужий споживач.

Провайдери облачних рішень дають в оренду засобами захищених інтернет-соединений вычислительные мощности и дисковое пространство, а их потребители платят лишь за выбранные ими ресурсы с возможностями гибкого масштабирования, что позволяет вполне адекватно заменять и развивать свою цифровую инфраструктуру без юридических прав собственности на оборудование или программное обеспечение. В результате заказчики облачных услуг получают готовые сервисы, а их провайдеры – необходимые ресурсы для дальнейшего развития своих услуг. Работа посвящена вычислению суммарного выигрыша всех участников такого рынка при разных моделях ценообразования.

Ключевые слова: облачные услуги, ценообразование за подпиской, ценообразование от оплаты за пользование, двухчастный тариф, безразличный потребитель.

The providers of cloud solutions create rentals for computing power and disk space by means of the protected Internet-connections while their consumers pay only for the resources chosen with options of flexible scaling, assuming rather adequate substitution and development for their digital infrastructure without legal property rights for hardware or software. As a result, the users of cloud products get ready services, and their providers obtain the resources necessary for further development of their products. The work is devoted to computing the total gain of all participants in such a market at various pricing models.

Key words: cloud services, subscription pricing, pay-per-use pricing, two-part tariff, indifferent consumer.

### Вступ

Основу створення складних корпоративних розподілених інформаційних систем та технологій на засадах моделі хмарних обчислень (МХО) складають викладені академіком В. М. Глушковим у 60 – х роках ХХ століття принципи проектування дійсно ефективних автоматизованих інформаційних систем (АІС) організаційного управління (ОУ) [1 – 4]. Принципи проектування АІС ОУ В. М. Глушкова народжувалися на теренах вирішення масштабних та надскладних суспільно значимих задач, тому природньо, що їх конструктивність та прагматизм неабияк актуальні і для сучасних завдань створення інформаційних систем і технологій (ІС та ІТ) інфраструктурного розгортання.

Індустріальна світова революція в галузі практичної кібернетики, корпоративних ІС та ІТ базується на аналогічних принципах побудови АІС ОУ: щодо організації процесів переробки інформації, принципах забезпечення позитивних результатів впровадження, супроводження, доказово необхідної еволюційної модифікації, гарантійних та пост– гарантійних процесів, а також принципах структурування ІС та ІТ на обов'язковій складові: 1) організаційне забезпечення; 2) технічне забезпечення; 3) системне програмне забезпечення; 4) програмне забезпечення (далі, ПЗ) та програмні застосунки; 5) комунікаційне забезпечення; 6) інформаційне забезпечення (в тому числі юридичного); 7) персонал системи (керівництво, аналітики, користувачі, оператори).

За останні десятиріччя ХХ та ХХІ віків утворилась тенденція виділення робіт з впровадження, супроводження ІС та ІТ на керованих виділених виробничих (з точки зору практичної кібернетики) потужностях, а саме поява самостійних відокремлених підприємств кібернетичної спеціалізації: галузеві та корпоративні обчислювальні центри, центри обробки даних, мережі та центри передачі даних, дата-центри, аутсорсингові компанії, провайдери хмарних послуг.

Така тенденція виділення вказаних обов'язкових складових структурованих корпоративних ІС та ІТ для функціонування, промислового впровадження і супроводження до визначеного ступеню на зовнішніх аутсорсингових компаніях.

Найбільш сучасним видом таких аутсорсингових компаній є провайдери та брокери провайдерів хмарних послуг. Ці компанії (хмарного середовища) поєднують всі переваги та недоліки аутсорсингових компаній, деякі з них такі:

- переваги аутсорсингу: концентрація всіх зусиль на основному бізнесі, зростання рентабельності, відкритість до залучення стороннього досвіду, надійність, відповідальність та стабільність, гнучкість масштабів бізнесу;

- недоліки аутсорсингу: загроза конфіденційності, людський чинник (плин кадрів і незнання повної картини стану інфраструктури клієнта), необґрунтоване виконання забаганок (клієнт завжди правий), комерційні загрози бізнесу аутсорсингу, переважно завищена вартість послуг.

Національним інститутом стандартів і технологій (NIST) США, іншими організаціями із світовим авторитетом, наприклад, Cloud Standards Customer Council (CSCC), встановлені обов'язкові характеристики хмарних обчислень, які задають суб'єкту, об'єкту, рольову та взагалі архітектурну модель хмарних обчислень від технічного до комерційного боку.

Такі принципіві стандартизовані риси є: self service on demand, універсальний доступ до послуги споживачем через мережу передачі даних, об'єднання ресурсів, еластична масштабованість, облікові, адміністративні, моніторингові та аналітичні послуги.

Значну перевагу в сенсі згаданих складових структурованих ІС та ІТ мають хмарні моделі обслуговування, моделі розгортання та інші хмарні рішення [5–7].

Достатньо вагомими слід визначити економічні аспекти використання хмарних послуг, обчислень та взагалі хмарного середовища, споживачі можуть істотно знизити капітальні витрати, тривалий час побудови та введення в експлуатацію великих об'єктів інфраструктури ІС та ІТ, збільшення попиту на обчислювальні потужності гнучко нівелюються хмарними технологіями.

При використанні хмарних обчислень, витрати споживача зміщуються від капітальних до операційних, що частково компенсує витрати на оплату послуг хмарних провайдерів.

## Загальний підхід

Мережеві галузі відрізняються від традиційних, зокрема, поняттями критичної маси [8] і байдужого споживача [9]. Одним з авторів даної роботи було оцінено період критичної маси переходу на смартфони в Україні та Польщі [10]. Мережеві галузі привертають дедалі більший інтерес багатьох дослідників у світі [11–15] через поширення хмарних технологій. Оскільки характеристики цих технологій мають відповідати традиційним очікуванням споживачів, то повідомлення про ці технології потребують ретельного і всебічного аналізу. Аналізу та перевірки новітніх результатів [11] присвячена дана робота.

Дослідимо моделі ціноутворення (хмарних послуг) для випадків 1) ціноутворення за підпискою, 2) ціноутворення від оплати за користування (pay-per-use pricing), 3) ціноутворення з двочастинним тарифом (two-part tariff pricing) [9] з точок зору прибутку провайдера (послуги чи продукту), споживчого надлишку [9] і суспільного добробуту [9–13]. Випадки 1) і 2) досліджувалися раніше [12], а випадки 1), 2), 3) порівнювалися з точки зору прибутку провайдера [13]. Моделі 1)–3) застосовуються на практиці ціноутворення хмарних послуг.

Для простоти нехай провайдер є монополістом. Припустимо, витрати для надання послуг дорівнюють

$$c q + f,$$

де  $c$  та  $f$  – граничні та фіксовані (fixed) витрати (costs),  $q$  – обсяг (quantity) споживання (послуг); нехай  $f = 0$ . Припустимо, провайдер застосовує схему ціноутворення (transfer)

$$T(q, p) = A + p q,$$

де  $A$  – паушальна (lump-sum) чи фіксована ціна,  $p$  – ціна (price) споживання (одиниці послуги). У такій постановці моделі у випадку 1)  $p = 0$  та  $A > 0$ , у випадку 2)  $p > 0$  та  $A = 0$ , у випадку 3)  $p > 0$  та  $A > 0$ . Нехай  $N$  – кількість (number) фактичних покупців (споживачів) послуг. Тоді прибуток провайдера становить

$$\pi = (A N + p Q) - c Q.$$

Позначимо  $u$  резервну ціну споживача (користувача (user)) (максимальну ціну, за яку цей споживач готовий платити за послугу). Припустимо, резервні ціни  $u$  споживачів рівномірно розподілені на відрізок

$[0, U]$ , де  $U$  відображає потенційну частку ринку продукту;  $U \geq N$ ;  $Q = \int_0^U q d u$ . Тоді споживач типу

$u \in [0, U]$  при споживанні одиниці продукту діставатиме надлишок (value)

$$V(u) = u - p,$$

а функція попиту індивідуального споживача виражатиметься лінійною функцією

$$q(p) = q = u - p.$$

Отже, споживач  $u$  купує послугу при  $u \geq p$ , дістаючи при купівлі чисту корисність (надлишок (surplus))

$$S_u(q, p) = V(u, q) - T(q, p),$$

де  $V(u, q)$  – загальна цінність (value)  $q$  одиниць продукту для споживача  $u$ . При гетерогенному розподілі споживачів різні споживачі можуть купувати різні обсяги продукту в залежності від особистих оцінок цього продукту. Подібно робіт [14, 15] (автор роботи [14] – Нобелівський лауреат 2014 р.), припустимо, що

$$V(u, q) = \frac{u^2 - (u - q)^2}{2}.$$

Зазначимо, що  $V(u, 0) = 0$ ,  $\frac{\partial V}{\partial q} = u - q = p \geq 0$ ,  $\frac{\partial^2 V}{\partial q^2} = -1 < 0$ , звідки випливає увігнутість функції  $V(\cdot, q)$ .

Тоді споживач  $u$  обирає такий обсяг  $q_u(p)$ , що максимізує його споживчий надлишок

$$S_u(q, p) = V(u, q) - T(q, p) = \frac{u^2 - (u - q)^2}{2} - A - pq,$$

звідки

$$0 = \frac{\partial S_u(q, p)}{\partial q} = u - q_u(p) - p,$$

$$\begin{aligned} S_u(p, A) &= \frac{u^2 - (u - q)^2}{2} - A - pq = \frac{u^2 - p^2}{2} - A - p(u - p) = \frac{(u + p)(u - p) - 2p(u - p)}{2} - A = \\ &= \frac{(u - p)(u + p - 2p)}{2} - A = \frac{(u - p)^2}{2} - A. \end{aligned} \quad (1)$$

### Модель ціноутворення за підпискою

Такі провайдери, як Dropbox, Google та інші, визначають ціну продукту, виходячи з тривалості його користування (вимірюваної в місяцях або роках) незалежно від обсягу його споживання: такі провайдери застосовують модель 1) ціноутворення. Тоді рішення споживача про купівлю продукту визначається фіксованою ціною  $A$  та його оцінкою споживання продукту: якщо ця оцінка перевищує  $A$  (чиста корисність є додатною), то споживач купує цей продукт. У моделі 1)

$$q_u(0) = u,$$

$$S_u(0, A) = \frac{u^2}{2} - A.$$

Споживачу  $\mathcal{E}$  байдуже, купувати продукт чи ні, якщо

$$0 = S_{\mathcal{E}}(0, A) = \frac{\mathcal{E}^2}{2} - A,$$

$$\mathcal{E} = \sqrt{2A},$$

звідки  $N = U - \mathcal{E} = U - \sqrt{2A}$ . Споживач  $U$  з найбільшою готовністю платити за продукт купуватиме обсяг  $q_U = U - A$  продукту. Тому споживачі купуватимуть загальний обсяг продукту

$$Q = \int_{\mathcal{E}}^U u \, du = \frac{u^2}{2} \Big|_{\mathcal{E}}^U = \frac{U^2}{2} - \frac{\mathcal{E}^2}{2} = \frac{U^2}{2} - A,$$

а прибуток провайдера становитиме

$$\pi(U, A, c) = AN - cQ = A(U - \sqrt{2A}) - c \left( \frac{U^2}{2} - A \right).$$

Провайдер визначає свою оптимальну ціну, виходячи із загальної кількості  $N$  покупців послуг і граничних витрат  $c$  для задоволення ринкового попиту на ці послуги. У моделі 3) вважається, що є два типи споживачів, які характеризуються різними витратами провайдера. У моделі 1) загальний обсяг продажу продукту провайдером визначається кількістю споживачів, які купують цей продукт, а загальні витрати визначаються загальним обсягом продукту, який купують усі споживачі. Загалом споживачі купують різні обсяги продукту, виходячи з максимізації своєї чистої корисності, а провайдер обирає оптимальну фіксовану ціну  $A^S$  підписки (subscription), виходячи з максимізації свого прибутку:

$$0 = \frac{\partial \pi}{\partial A} = U - \frac{\partial}{\partial A} (A^{1.5} \sqrt{2}) + c = U + c - \sqrt{2} \frac{3A^{0.5}}{2},$$

$$(U + c)^2 = \frac{2 \times 3^2 A}{2^2},$$

$$A^S = \frac{2(U + c)^2}{9},$$

звідки

$$\mathcal{K}^S = \mathcal{K}(A^S) = \sqrt{2A^S} = \frac{2(U + c)}{3},$$

$$N^S = U - \mathcal{K}^S = U - \frac{2(U + c)}{3} = \frac{3U - 2U - 2c}{3} = \frac{U - 2c}{3} \geq 0 \text{ за умови}$$

$$U \geq 2c, \tag{2}$$

$$Q^S = \frac{U^2}{2} - A = \frac{U^2}{2} - \frac{2(U + c)^2}{9} = \frac{9U^2 - 4(U + c)^2}{18} = \frac{(3U - 2U - 2c)(3U + 2U + 2c)}{18} =$$

$$= \frac{(U - 2c)(5U + 2c)}{18},$$

$$\pi^S = A^S N^S - c Q^S = \frac{2(U + c)^2 (U - 2c)}{9 \times 3} - \frac{c(U - 2c)(5U + 2c)}{18} =$$

$$= \frac{4(U + c)^2 (U - 2c) - 3c(U - 2c)(5U + 2c)}{54} = \frac{(U - 2c)(4U^2 + 8Uc + 4c^2 - 15Uc - 6c^2)}{54} =$$

$$= \frac{(U - 2c)(4U^2 - 8Uc + 4c^2)}{54} = \frac{(U - 2c)[4U(U - 2c) + c(U - 2c)]}{54} = \frac{(U - 2c)^2 (4U + c)}{54}.$$

Тоді споживчий надлишок (consumer surplus) дорівнює

$$CS^S = \int_{\mathcal{K}^S}^U S_u du = \int_{\mathcal{K}^S}^U \left( \frac{u^2}{2} - A \right) du = \frac{u^3}{6} \Big|_{\mathcal{K}^S}^U - Au \Big|_{\mathcal{K}^S}^U = \frac{U^3}{6} - \frac{(\mathcal{K}^S)^3}{6} - AU + A\mathcal{K}^S =$$

$$= \frac{(U - \mathcal{K}^S)[U^2 + U\mathcal{K}^S + (\mathcal{K}^S)^2]}{6} - A(U - \mathcal{K}^S) = \frac{(U - \mathcal{K}^S)[U^2 + U\mathcal{K}^S + (\mathcal{K}^S)^2 - 6A]}{6},$$

де

$$U - \mathcal{K}^S = U - \frac{2(U + c)}{3} = \frac{U - 2c}{3},$$

$$U^2 + U\mathcal{K}^S + (\mathcal{K}^S)^2 - 6A = U^2 + \frac{2U(U + c)}{3} + \frac{4(U + c)^2}{9} - \frac{12(U + c)^2}{9} = \frac{9U^2 + 6U(U + c) - 8(U + c)^2}{9} =$$

$$= \frac{(3U)^2 + 6U(U + c) + (U + c)^2 - 9(U + c)^2}{9} = \frac{(3U + U + c)^2 - [3(U + c)]^2}{9} =$$

$$= \frac{(4U + c + 3U + 3c)(4U + c - 3U - 3c)}{9} = \frac{(7U + 4c)(U - 2c)}{9},$$

$$CS^S = \frac{1}{6} \times \frac{(U - 2c)}{3} \times \frac{(7U + 4c)(U - 2c)}{9} = \frac{(U - c)^2(7U + 4c)}{162}.$$

Отже, суспільний добробут (social welfare) становить

$$SW^S = CS^S + \pi^S = \frac{(U - 2c)^2(7U + 4c)}{162} + \frac{(4U + c)(U - 2c)^2}{54} =$$

$$= \frac{(U - 2c)^2(7U + 4c + 12U + 3c)}{162} = \frac{(U - 2c)^2(19U + 7c)}{162}.$$

Вищезазначена умова (2) означає, що найбільша готовність споживачів платити принаймні вдвічі перевищує граничні витрати провайдера.

### Модель ціноутворення від оплати за користування

Такі провайдери хмарних послуг, як Amazon і Google, стягують ціни через EC2, S3 і Google App Engine, виходячи з моделі 2). У цій моделі (pay-per-use pricing) при  $A = 0$  споживчий надлишок в силу рівняння (1) становить

$$S_u^P = \frac{(u - p)^2}{2}.$$

Споживачу  $\mathcal{K}^P$  байдуже, купувати продукт чи ні, якщо

$$0 = S_{\mathcal{K}}^P(p, 0) = \frac{(\mathcal{K}^P - p)^2}{2}, \quad \mathcal{K}^P = p, \quad (3)$$

звідки

$$N^P = U - p. \quad (4)$$

Оскільки при ціні  $p$  споживач  $u$  купує обсяг  $q = u - p$  продукту, то

$$Q^P = \int_{\mathcal{K}}^U q du = \int_p^U (u - p) du = \frac{u^2}{2} \Big|_p^U - pu \Big|_p^U = \frac{U^2}{2} - \frac{p^2}{2} - pU + p^2 = \frac{U^2 + p^2 - 2pU}{2} = \frac{(U - p)^2}{2}, \quad (5)$$

$$\pi^P = pQ^P - cQ^P = (p - c)Q^P = \frac{(p - c)(U - p)^2}{2}. \quad (6)$$

Звідси впливає ціна від оплати за використання, яка максимізує прибуток провайдера:

$$0 = \frac{\partial \pi^P}{\partial p} = \frac{(U - p)^2 - 2(U - p)(p - c)}{2} = \frac{(U - p)(U - p - 2p + 2c)}{2}; \quad p^P = \frac{U + 2c}{3} < U \text{ за умови (2).}$$

Тоді в силу рівняння (3) споживачу  $\mathcal{K}^P$  байдуже, купувати продукт чи ні, якщо

$$\mathcal{K}^P = p^P = \frac{U + 2c}{3},$$

а в силу рівнянь (4)–(6) знаходимо числові характеристики моделі 2):

$$N^P = U - p^P = U - \frac{U + 2c}{3} = \frac{2(U - c)}{3},$$

$$Q^P = \frac{(U - p^P)^2}{2} = \frac{2(U - c)^2}{9},$$

$$\pi^P = \frac{(p^P - c)(U - p^P)^2}{2} = \frac{2(U - c)^3}{27},$$

$$CS^P = \int_{\kappa^P}^U S_u^P du = \int_{p^P}^U \frac{(u - p^P)^2}{2} du = \frac{(u - p^P)^3}{6} \Big|_{p^P}^U = \frac{(U - p^P)^3}{6} = \frac{1}{6} \left[ \frac{2(U - c)}{3} \right]^3 = \frac{4(U - c)^3}{81},$$

$$SW^P = \pi^P + CS^P = \frac{10(U - c)^2}{81}.$$

### Модель ціноутворення з двочастинним тарифом

Багато провайдерів застосовує змішані механізми ціноутворення (модель 3)), поєднуючи моделі 1) і 2). Наприклад, ціни Google App Engine та Joynet Smart Machine визначаються кількістю місяців користування, а також обсягом використаного трафіку (вимірюваним у гігабайтах (GB)) вище встановленої межі. Мета ціноутворення 3) провайдером – дістати більше споживчого надлишку [15]. Приклади такого ціноутворення дають лізинг комп'ютерів і копіювальних машин, членські внески до гольф-клубу і тарифні структури деяких громадських комунальних служб. Модель 3) можна вважати схемою дисконтування за обсягом.

В силу рівняння (1) споживач  $u$  купує послугу тоді й тільки тоді, коли

$$0 \leq S_u(p, A) = \frac{(u - p)^2}{2} - A,$$

$$(u - p)^2 \geq 2A,$$

$$u \geq p + \sqrt{2A}.$$

Таким чином, модель 3) ціноутворення хмарних послуг з двочастинним тарифом (two-part tariff pricing) має такі характеристики:

$$\kappa^T = p + \sqrt{2A},$$

$$N^T = U - \kappa^T = U - p - \sqrt{2A},$$

$$Q^T = \int_{\kappa^T}^U q du = \int_{\kappa^T}^U (u - p) du = \frac{(u - p)^2}{2} \Big|_{\kappa^T}^U = \frac{(U - p)^2}{2} - \frac{(\kappa^T - p)^2}{2} = \frac{(U - p)^2}{2} - A,$$

$$\pi^T = AN^T + pQ^T - cQ^T = A(U - p - \sqrt{2A}) + (p - c) \left[ \frac{(U - p)^2}{2} - A \right].$$

Оптимальний двочастинний тариф визначається з максимізації прибутку  $\pi^T$ :

$$0 = \frac{\partial \pi^T}{\partial p} = -A + \frac{(U - p)^2}{2} - A - (p - c)(U - p) = -2A + \frac{(U - p)(U - p - 2p + 2c)}{2} =$$

$$= -2A + \frac{(U - p)(U - 3p + 2c)}{2},$$

$$0 = \frac{\partial \pi^T}{\partial A} = U - p - \frac{3\sqrt{2A}}{2} - p + c = U - 2p + c - \frac{3\sqrt{2A}}{2},$$

$$4(U - 2p + c)^2 = 18A,$$

$$A = \frac{2(U - 2p + c)^2}{9},$$

$$\frac{4(U - 2p + c)^2}{9} = \frac{(U - p)(U - 3p + 2c)}{2},$$

$$8x^2 = 8(U - 2p + c)^2 = 9(U - p)(U - 3p + 2c) = 9(x + p - c)(x - p + c) = 9[x^2 - (p - c)^2],$$

де введена змінна  $x = U - 2p + c$ ,

$$x^2 = 9(p - c)^2,$$

$$U - 2p + c = x = 3p - 3c,$$

$$p^T = \frac{U + 4c}{5}.$$

Звідси отримуємо числові характеристики моделі 3):

$$A^T = \frac{2(U - 2p^T + c)^2}{9} = \frac{2\left(\frac{5U - 2U - 8c + 5c}{5}\right)^2}{9} = \frac{2\left(\frac{3(U - c)}{5}\right)^2}{9} = \frac{2(U - c)^2}{25},$$

$$\bar{c}^T = p^T + \sqrt{2A^T} = \frac{U + 4c}{5} + \frac{2(U - c)}{5} = \frac{U + 4c + 2U - 2c}{5} = \frac{3U + 2c}{5},$$

$$N^T = U - \bar{c}^T = \frac{5U - 3U - 2c}{5} = \frac{2(U - c)}{5},$$

$$Q^T = \frac{(U - p^T)^2}{2} - A^T = \frac{\left(\frac{5U - U - 4c}{5}\right)^2}{2} - \frac{2(U - c)^2}{25} = \frac{16(U - c)^2}{50} - \frac{2(U - c)^2}{25} = \frac{6(U - c)^2}{25},$$

$$\begin{aligned} \pi^T &= A^T N^T + (p^T - c)Q^T = \frac{2(U - c)^2}{25} \times \frac{2(U - c)}{5} + \frac{U + 4c - 5c}{5} \times \frac{6(U - c)^2}{25} = \\ &= \frac{4(U - c)^3}{125} + \frac{6(U - c)^3}{125} = \frac{2(U - c)^3}{25}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CS^T &= \int_{\bar{c}^T}^U S_u du = \int_{\bar{c}^T}^U \left[ \left( \frac{u - p^T}{2} \right)^2 - A^T \right] du = \frac{(u - p^T)^3}{6} \Big|_{\bar{c}^T}^U - A^T u \Big|_{\bar{c}^T}^U = \\ &= \frac{4^3(U - c)^3}{5^3 \cdot 6} - \frac{1}{6} \times \left( \frac{3U + 2c - U - 4c}{5} \right)^3 - \frac{2(U - c)^2}{25} \times \frac{5U - 3U - 2c}{5} = \\ &= \frac{(U - c)^3(64 - 8 - 6 \times 4)}{750} = \frac{16(U - c)^3}{375}, \end{aligned}$$

$$SW^T = \pi^T + CS^T = \frac{2(U - c)^3}{25} + \frac{16(U - c)^3}{375} = \frac{46(U - c)^3}{375}.$$

## Висновки

У роботі наведено методи обчислення прибутку провайдера  $\pi^S$ ,  $\pi^P$ ,  $\pi^T$ , споживчого надлишку  $CS^S$ ,  $CS^P$ ,  $CS^T$ , суспільного добробуту  $SW^S$ ,  $SW^P$ ,  $SW^T$  для моделей 1), 2), 3) відповідно. Порівняльний аналіз цих значень, а також розробка моделей мережевого ціноутворення є предметом окремого дослідження.

Розглянуті раніше задачі мають гарні шанси на застосунок в задачах моніторингу і адміністрування на майданчиках хмарного провайдера, його хмарних підрядників та брокерів. Особливо слід підкреслити

значущість моделі 2), яка припускає необхідність застосування нефіксованих параметрів поставлених задач, що по-суті означає гнучку тарифікацію послуг (хмарних послуг, сервісів, мікро-сервісів тощо).

Перспективним є побудова багаторівневої моделі, яка відповідає зв'язкам та ієрархічній залежності рольової моделі хмарного середовища у відповідності до встановлених міжнародним стандартам NIST та CSCC. [16, 17].

## Література

1. Глушков В.М. Основные принципы построения автоматизированных систем организационного управления. *УСиМ*. 1972. № 1. С. 9 – 18.
2. Глушков В.М. Введение в АСУ. Киев: Техника. 1972. 309 с.
3. Кибернетика, вычислительная техника, информатика. Избранные труды. В 3т. / Глушков В.М.; Редкол.: Михалеви́ч В.С. (отв. ред.) и др.; Т.3. *Кибернетика и ее применение в народном хозяйстве. АН УССР*. Ин – т кибернетики им. В.М. Глушкова. Киев: Наук. думка. 1990. 224с.
4. Глушков В.М. Основы безбумажной информатики. Издание второе, исправленное. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы. 1987. 552 с.
5. Кривонос Ю.Г., Івлічев В.П., Гавриленко С.О. Сучасний досвід створення корпоративних розподілених інформаційних систем і технологій в багаторівневих державних, відомчих або приватних організаційних інфраструктурах. *Історія, сьогодення та перспективи розвитку інформаційних технологій в Україні та світі*. Матеріали 7-ої Всеукр. наук.-практ. конф. «Глушковські читання» (21 листопада 2018р.). Київ: ТОВ НВП «Інтерсервіс». 2018. С. 35–38.
6. Гавриленко С.О., Голоцуков Г.В. Деякі архітектурні рішення щодо сервіс орієнтованих корпоративних інформаційних систем і технологій у переддень застосування принципів хмарного середовища. *Ідеї академіка В. М. Глушкова і сучасні проблеми штучного інтелекту*. Матеріали VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції "Глушковські читання", присвяченої 50- річчю факультету комп'ютерних наук та кибернетики КНУ (29 листопада 2019р.). Київ: Видавництво Ліра-К. 2019. С. 41 – 43.
7. Гавриленко С.О., Щетинін І.Є. Деякі архітектурні елементи, що підлягають нагальній трансформації в хмарне середовище документ-орієнтованих інформаційних систем і технологій. *Ідеї академіка В. М. Глушкова і сучасні проблеми штучного інтелекту*. Матеріали VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції "Глушковські читання", присвяченої 50- річчю факультету комп'ютерних наук та кибернетики КНУ (29 листопада 2019р.). Київ: Видавництво Ліра-К. 2019. С. 44–46.
8. Горбачук В.М. Визначення критичної маси поширення мережевих продуктів. *Науково-технічна інформація*. 2013. № 4. С. 50–55.
9. Горбачук В.М. Методи індустріальної організації. Кейси та вправи. Економіка та організація виробництва. *Економічна кібернетика. Економіка підприємства*. К.: А.С.К. 2010. 224 с.
10. Chikrii A., Denisova N., Gorbachuk V., Gromaszek K., Krivonos Y., Lytvynenko V., Matychyn I., Osypenko V., Smailova S., Wojcik W. Current problems in information and computational technologies. V. 2. W. Wojcik, J. Sikora (eds.). Lublin: Politechnika Lubelska. 2012. 196 p.
11. Chun, S.-H. Cloud services and pricing strategies for sustainable business models: analytical and numerical approaches. *Sustainability*. 2020. 12, 49. P. 1–15.
12. Chun S.-H.; Choi B.-S. Service models and pricing schemes for cloud computing. *Cluster computing*. 2014. 17. P. 529–535.
13. Chun S.-H.; Choi B.-S.; Ko Y.W.; Hwang S.H. The comparison of pricing schemes for cloud services. *Frontier and Innovation in Future Computing and Communications. Lecture Notes in Electrical Engineering*. Volume 301. J.Park, A.Zomaya, H.Y.Jeong, M.Obaidat (eds.) Dordrecht, The Netherlands: Springer, 2014.
14. Tirole J. *The Theory of industrial organization*. Cambridge, MA, USA; MIT Press, 1995.
15. Schmalense R. Monopolistic two-part pricing arrangements. *Bell journal of economics*. 1981. 12. P. 445–466.
16. <https://www.nist.gov/topics/cloud-computing-virtualization>
17. <https://www.omg.org/cloud/>

## References

1. Glushkov V.M. Basic principles of building automated organizational management systems. *USiM*. 1972. N 1. S. 9 - 18.
2. Glushkov V.M. Introduction to ACS. Kiev: Technology. 1972. 309 p.
3. Cybernetics, computer science, computer science. Selected works. In 3t. / Glushkov VM; Editor: Mikhalevich VS (ed.), etc .; T.3. *Cybernetics and its application in the national economy*. USSR Academy of Sciences. Institute of Cybernetics. V.M. Glushkova. Kiev: Science. opinion. 1990. 224p.
4. Glushkov V.M. Fundamentals of paperless computer science. Second edition, corrected. M .: Science. The main edition of physical and mathematical literature. 1987. 552 p.
5. Krivonos Yu.G., Ivlichev V.P., Gavrilenko S.O. Modern experience in creating corporate distributed information systems and technologies in multilevel public, departmental or private organizational infrastructures. History, present and prospects of information technology development in Ukraine and the world. Materials of the 7th All-Ukrainian scientific-practical conf. "Glushkov readings" (November 21, 2018). Kyiv: Interservice SPE LLC. 2018. S. 35–38.
6. Gavrilenko S.O., Golotsukov G.V. Some architectural solutions for service-oriented corporate information systems and technologies on the eve of the application of the principles of the cloud environment. Ideas of Academician VM Glushkov and modern problems of artificial intelligence. Proceedings of the VIII All-Ukrainian scientific-practical conference "Glushkov readings", dedicated to the 50th anniversary of the Faculty of Computer Science and Cybernetics of KNU (November 29, 2019). Kyiv: Lira-K Publishing House. 2019. C. 41 - 43.
7. Gavrilenko S.O., Shchetinin I.E. Some architectural elements are subject to urgent transformation into a cloud environment of document-oriented information systems and technologies. Ideas of Academician VM Glushkov and modern problems of artificial intelligence. Proceedings of the VIII All-Ukrainian scientific-practical conference "Glushkov readings", dedicated to the 50th anniversary of the Faculty of Computer Science and Cybernetics of KNU (November 29, 2019). Kyiv: Lira-K Publishing House. 2019. C. 44–46.
8. Gorbachuk V.M. Determination of the critical mass of distribution of network products. *Scientific and technical information*. 2013. № 4. C. 50–55.
9. Gorbachuk V.M. Methods of industrial organization. Cases and exercises. Economics and organization of production. *Economic Cybernetics. Business Economics*. K .: A.S.K. 2010. 224 p.
10. Chikrii A., Denisova N., Gorbachuk V., Gromaszek K., Krivonos Y., Lytvynenko V., Matychyn I., Osypenko V., Smailova S., Wojcik W. Current problems in information and computational technologies. V. 2. W. Wojcik, J. Sikora (eds.). Lublin: Politechnika Lubelska. 2012. 196 p.

11. Chun, S.-H. Cloud services and pricing strategies for sustainable business models: analytical and numerical approaches. *Sustainability*. 2020. 12, 49. P. 1–15.
12. Chun S.-H.; Choi B.-S. Service models and pricing schemes for cloud computing. *Cluster computing*. 2014. 17. P. 529–535.
13. Chun S.-H.; Choi B.-S.; Ko Y.W.; Hwang S.H. The comparison of pricing schemes for cloud services. *Frontier and Innovation in Future Computing and Communications. Lecture Notes in Electrical Engineering*. Volume 301. J.Park, A.Zomaya, H.Y.Jeong, M.Obaidat (eds.) Dordrecht, The Netherlands: Springer, 2014.
14. Tirole J. *The Theory of industrial organization*. Cambridge, MA, USA; MIT Press, 1995.
15. Schmalense R. Monopolistic two-part pricing arrangements. *Bell journal of economics*. 1981. 12. P. 445–466.
16. <https://www.nist.gov/topics/cloud-computing-virtualization>
17. <https://www.omg.org/cloud/>

Одержано 06.03.2020

**Про авторів:**

*Горбачук Василь Михайлович,*

доктор фізико-математичних наук,

в.о. завідувача відділу.

Кількість публікацій в українських виданнях – 400.

Кількість наукових публікацій в зарубіжних виданнях – 80.

Індекс Гірша: 10

*Гавриленко Сергій Олександрович,*

науковий співробітник.

Кількість публікацій в українських виданнях – 40.

Кількість наукових публікацій в зарубіжних виданнях – 1.

Індекс Гірша – 3.

<http://orcid.org/0000-0002-4700-6704>.

**Місце роботи авторів:**

Інститут кібернетики імені В.М.Глушкова НАН України,

03187, м. Київ-187, проспект Академіка Глушкова, 40.

E-mail: [s.a.gavrilenko@nas.gov.ua](mailto:s.a.gavrilenko@nas.gov.ua)