

---

УДК 330.4

О.В. Череватенко

*Харківський національний економічний університет, Харків*

## МЕХАНІЗМ ПОДВІЙНОГО АУКЦІОНУ ДЛЯ КОМЕРЦІЙНОГО ВИКОРИСТАННЯ GRID-РЕСУРСІВ

*В ході аналізу предметної області та підготовки до проведення досліджень був розроблений програмний продукт, що дозволяє проводити моделювання ціноутворення, в умовах динаміки пропозицій продавців і покупців, для GRID-ресурсів в умовах подвійного аукціону на основі стохастичних даних. Було запропоновано алгоритм зміни цін на ринку GRID-ресурсів. За результатами проведених експериментів було запропоновано правила поведінки постачальників та клієнтів в умовах зміни попиту та пропозиції на ресурси. Розроблена система покликана стати інструментом для досліджень у напрямку моделювання ціноутворення для GRID-ресурсів в умовах подвійного аукціону.*

**Ключові слова:** імітаційна модель, ціноутворення, подвійний аукціон, GRID-ресурси, GRID-система, оптимізація, рівноважна ціна.

### Вступ

Сьогодні все частіше при організації обчислень застосовується розподіл робіт, даних і процесорних потужностей, а також інші режими взаємодії, що передбачають використання розподілених ресурсів. Крім того, організації можуть отримати значну економію коштів за рахунок передачі деяких елементів своєї інформаційної інфраструктури на реалізацію й підтримку зовнішнім фірмам (інформаційний аутсорсинг). Тому актуальним є напрямок розвитку ІТ, в рамках якого забезпечується доступ до додатків та спільного використання обчислювальних ресурсів

розподілених глобальних мереж, і в той же час підтримується загальна логіка забезпечення безпеки, ефективне управління розподіленими ресурсами, координоване відновлення після збоїв, виявлення проблем.

В умовах ринкової взаємодії користувачів та власників обчислювальних ресурсів та хмарних сервісів необхідно розробити підхід щодо визначення обґрунтованих цін на ресурси (сервіси).

Таким чином, мета дослідження - розробити імітаційну модель для визначення ціноутворення на обчислювальні ресурси за умов динамічної зміни попиту та пропозиції на них.

## **Основний матеріал**

У дослідженні пропонується імітаційна модель, яка базується на прагматичній взаємодії учасників ринкової системи, тобто на взаємодії, яка ґрунтується на отриманні практичних й економічно корисних результатів для кожної із сторін. Кожен з учасників переслідує свої цілі, витрати на реалізацію яких прагне максимально знизити. Тому конструкція економічного механізму ціноутворення на обчислювальні ресурси ґрунтується на знаходженні точок рівноваги, балансу інтересів усіх учасників (так як відсутність однієї із сторін внаслідок нерентабельності або недосяжності їх цілей робить ринок ресурсів неможливим). Слід зазначити, що будь-яке централізоване управління взаємодією учасників ринку робить подібну систему нестійкою і неефективною, оскільки економіка системи буде схилитися до корупції, монополізації ресурсів (і максимізації їх ціни), вибору певних постачальників ресурсів і т.д. Таким чином, в роботі розглянуто тільки ті економічні моделі, які засновані на ринкових моделях взаємодії учасників, що не дозволяє в силу внутрішніх угод гранично підвищувати ціну ресурсів або знижувати вартість завдань [1 – 3].

На основі огляду джерел були виявлені і проаналізовані ринкові економічні моделі, які могли бути покладені в основу економічного механізму ціноутворення на обчислювальні та інформаційні ресурси [4]. Для визначення вартості часу використання ресурсів кластера для розв'язання задачі (сукупності завдань) клієнта необхідно визначити ціну одиниці часу використання певного ресурсу кластера (наприклад, доба). У якості базової моделі для визначення ціни використання ресурсу (за одиницю часу) пропонується використовувати модель подвійного аукціону. Подвійний аукціон - узагальнена форма аукціону, що позначає ситуацію, коли в ньому бере участь більше одного продавця і більше одного покупця, одночасно повідомляють свої ставки аукціоністові, який потім визначає рівноважну ціну, за якою відбуваються угоди між продавцями і покупцями, ставки яких були не гірше цієї ціни. Неокласична теорія ціноутворення пропонує дві моделі встановлення рівноважної ціни, які враховують особливості торгових механізмів, використовуваних на ринку ресурсів - це модель Вальраса та модель Маршалла. Якщо в моделі Вальраса умовою досягнення рівноважної ціни виступає використання механізму дискретного подвійного аукціону, то модель Маршалла побудована на принципах безперервного подвійного аукціону. Тим не менш, критерії справедливого ціноутворення виконуються і в тому і в іншому випадку. В якості основної умови в цих моделях ставиться повнота взаємодії попиту і пропозиції та прозорість інформації. Вибір форми подвійного аукціону визначає обсяг, що надходить на ринок

попиту і пропозиції в кожен момент часу. Якщо щільність потоку попиту та пропозиції є недостатньою для здійснення процесу ціноутворення, необхідно попереднє накопичення заявок на купівлю та продаж ресурсу. Для такого ринку характерна нестійкість і різкі коливання цін, що викликає необхідність тимчасового призупинення торгів [5]. Призупинення торгів легше здійснити в умовах дискретного подвійного аукціону. Для ліквідного ринку з достатнім обсягом попиту та пропозиції в кожен момент часу, необхідного для здійснення ціноутворення, більш доцільним є використання подвійного безперервного аукціону. Оформлення інтересів учасників ринку ресурсів відбувається у формі заявки на купівлю та продаж ресурсу. Тип заявки визначає правила участі вступника на ринок попиту або пропозиції в ціноутворюючому процесі. У загальному випадку заявка включає три істотних параметри: ціну виконання, обсяг ресурсів, які повинні бути придбані або продані за цією ціною, і спосіб, за допомогою якого заявка повинна бути реалізована.

В роботі у якості системи взаємодії власників та користувачів обчислювальних ресурсів розглядається GRID-система [8].

При побудові економічної моделі роботи GRID, в першу чергу, необхідно враховувати компроміс між існуючими стандартами і сервісами GRID, розробленою архітектурою і принципами роботи проміжного програмного забезпечення і тією формою економічних відносин (механізму), яка може бути обрана для учасників GRID-системи.[9] Учасниками GRID-системи можуть бути:

Споживачі сервісів і сертифікованих ресурсів:

- 1) Комерційні підприємства, які віддають перевагу виконувати наукоємні інновації без істотних вкладень у власну дослідницьку інфраструктуру;
- 2) організації, що здійснюють аутсорсинг ресурсномістких фрагментів виконуваних ними проєктів;
- 3) університети та інші навчальні заклади;
- 4) фізичні особи - користувачі.

Постачальники сервісів і сертифікованих ресурсів:

- 1) дослідні і наукові інститути, які можуть надавати свої сертифіковані обчислювальні й інформаційні ресурси на комерційній основі;
- 2) комерційні підприємства, що володіють великими обчислювальними ресурсами і ліцензійними копіями програмних засобів;
- 3) організації, що володіють унікальною інформаційною або обчислювальною інфраструктурою [7].

Базові стратегії ціноутворення для оренди GRID ресурсів наведено в табл. 1. Ці стратегії розроблено на основі аналізу поведінки гравців на аукціоні. Наведені стратегії мають сенс лише у тому випадку, коли результати аукціонів доступні для всіх гравців системи.

Таблиця 1  
Набір стратегій ціноутворення на ринку GRID-ресурсів

Передумова	Умова	Стратегія
Якщо угода здійснилась у клієнта	Ціна Клієнта < Середньої ціни по угодам аукціону	Ціна Клієнта для наступного аукціону не змінюється
Якщо угода здійснилась у клієнта	Ціна Клієнта > Середньої ціни за угодами аукціону	У подальшому для Клієнта рекомендована така стратегія: Ціна Клієнта для наступного аукціону зменшується до Середньої ціни за попередніми угодами аукціону
Якщо угода не здійснилась у клієнта	Ціна Клієнта < Середньої ціни по угодам аукціону	Ціна Клієнта для наступного аукціону відповідає мінімальній ціні постачальника
Якщо угода не здійснилась у клієнта	Ціна Клієнта > Середньої ціни по угодам аукціону	Ціна для аукціону не змінюється
Якщо угода здійснилась у Постачальника	Ціна Постачальника < Середньої ціни по угодам аукціону	Ціна для наступного аукціону не змінюється
Якщо угода здійснилась у Постачальника	Ціна Постачальника > Середньої ціни за угодами аукціону	Ціна Постачальника для наступного аукціону = Середньої ціни за попередніми угодами аукціону
Якщо угода не здійснилась у Постачальника	Ціна Постачальника < Середньої ціни по угодам аукціону	Ціна Постачальника для наступного аукціону відповідає максимальній ціні Клієнта
Якщо угода не здійснилась у Постачальника	Ціна Постачальника > Середньої ціни по угодам аукціону	Ціна для аукціону змінюється на середню ціну за попередніми угодами аукціону.

Слід відмітити, що завжди аукціон – це боротьба інтересів Клієнтів та Власників. Клієнти пропонують ціни, які є мінімальними для лотів аукціону, Власники намагаються максимізувати ціни за ресурс. Але учасники аукціону в залежності від попиту та пропозицій знаходять рівень цін, який є компромісним.

Наведена система правил (табл. 1), згідно конкурентним динамічним моделям, призводить до рівноважних цін, які можна проілюструвати графіками попиту і пропозиції (рис. 1).

Графік попиту показує, що чим більше завдань, тим вище середня ціна за ресурси, а графік пропозиції показує, що чим більше ресурсів, тим нижче середня ціна за них. Якщо на ринку присутні гравці, які є постачальниками та клієнтами ресурсів, то при

дотриманні ринкової моделі завжди існує точка рівноваги, яка відповідає справедливій ціні ресурсу для постачальників і клієнтів. На рис. 1 показано як може бути визначені точки рівноваги при умові зміни кількості клієнтів (зміна попиту) та збільшення кількості постачальників (зміна пропозиції). Сформуємо результати аукціону за умови: кількість постачальників менше кількості клієнтів, а ціна на ресурс клієнта суттєво менша ніж ціна на ресурс постачальника. На рис. 2 показано, що спочатку середня ціна клієнта була дуже низькою, а на третій ітерації вона збігається з мінімальною ціною постачальника. Тут спостерігається стратегія клієнтів до підвищення цін до мінімальної ціни постачальника.

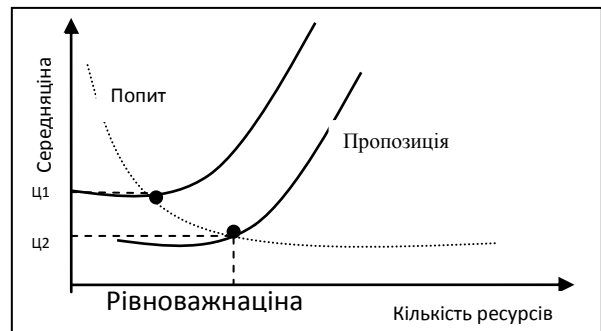


Рис. 1. Крива попиту і пропозиції

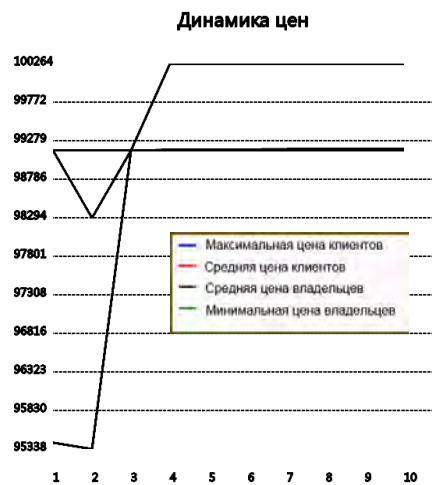


Рис. 2. Графік «Динаміка цін»

Графік зображений на рис. 3. відображає частку здійснених угод власників і клієнтів. За рахунок того, що кількість постачальників у багато разів менше кількості клієнтів, то більшість постачальників задіяна у угодах, тому на всіх ітераціях присутня перевага постачальників, тобто загалом вони виграші. В результатів експерименту було здійснено 99 угод.

На основі статистики імітаційного дослідження, можливо визначити умови найліпших стратегій, які збільшують виграш Власників ресурсів. Виграш для Власників ресурсів визначається позитивною різницею між середньою ціною ресурсів (за якою були здійснені угоди Власників) та середньою ціною ресурсів (за якою були здійснені угоди Клієнтів).

