

УДК 62.50:658.21

**Т. М. Боровська**, к. т. н., доц.;**С. П. Бадьора**;**В. А. Северілов**, к. т. н., доц.

## МОДЕЛІ ОБМІНУ РЕСУРСАМИ В СИСТЕМАХ З АСИМЕТРИЧНОЮ ІНФОРМАЦІЙНОЮ СТРУКТУРОЮ

### Постановка проблеми

Проблема інформаційної асиметрії ринків за останні два десятиріччя вийшла на перший план як негативний фактор у розвитку економіки. Суть проблеми в тому, що покупці певного товару не мають повної інформації про товари від різних виробників і постачальників. Дешеві неякісні товари не тільки витісняють з ринку якісні, але й підривають довіру покупця до даного класу товарів і ринок деградує. Сурогатна кава підриває ринок кави взагалі, це справедливо і для ринків акцій чи вищої освіти. Останні обвали світових фінансових ринків спричинені не стільки терактами, скільки «мільними бульбашками» в секторах високотехнологічних виробництв та Інтернет-бізнесу. Перший крок в розв'язанні цієї проблеми — побудова моделі ринку з декількома продавцями. Модель повинна враховувати не тільки попит-пропозицію але і процеси навчання покупців.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

В 2001 році Нобелівську премію з економіки отримали Дж. Акерлоф, М. Спенс, Дж. Стигліц за аналіз ринків с асиметричною інформацією. Дослідження ці велись понад 30 років. Над цією проблемою працювали і працюють сотні вчених, зокрема, в останній час зросла інтенсивність публікацій в Росії. Роботи нобелівських лауреатів просто були повнішими, послідовнішими і результативнішими. В рамках однієї статті неможливо зробити систематичний огляд публікацій. Перечислимо тільки роботи нобелівських лауреатів, що зверталися до проблем інформаційної асиметрії в процесах обміну. Дж. Харшані (1994) розробив методологію аналізу гри з неповною інформацією і створив основи економіки інформації. Р. Лукас (1995) розробив теорію раціональних очікувань, суть якої в тому, що споживачі і підприємці не є пасивними елементами економіки: в своїй діяльності вони використовують в середньому раціонально наявну інформацію. Дж Мірліс (1996) показав, що класичні моделі досконалої конкуренції є нереалістичними через наявність невизначеності та інформаційної асиметрії. В. Вікрі (1996) теж працював над економічною теорією стимулів в умовах асиметричної інформації. Досить повні і вичерпні огляди літератури з практичних аспектів проблеми подано в [3, 8, 9]. Проаналізовано також Інтернет-публікації, однак, у відомій літературі відсутні математичні моделі систем обміну з інформаційною асиметрією.

### Невирішені частини проблеми

Асиметричність інформації часто робить проблематичною головну позитивну властивість нормального ринку — витіснення неякісних товарів якісними. На жаль в цій області існує великий розрив між теорією і практикою. Для аналізу конкурентних ринків звичайно використовуються лінійні моделі, що описують малі коливання навколо стану рівноваги. Сьогодні темпи і масштаби змін в техніко-економічних системах набагато більші, ніж 50 років тому. Потрібні узагальненіші і адекватні реаліям сучасності моделі обміну — з урахуванням конкуренції, неповної інформації і навчання.

### Постановка задачі

Ставиться задача розробити базову робочу модель ринку з двома виробниками. Термін робоча означає, що математична модель виконується в середовищі певного математичного пакету, термін базова означає, що модель є відкритою і модульною. Це дозволяє досить легко модифікувати мо-

дель – змінювати її розмірність, параметри, окремі модулі. Ціль розробки – оцінити можливості створення підсистеми підтримки маркетингових рішень.

Маємо систему з  $M$  продавців з  $N$  видами товарів (в базовій моделі  $M = 2, N = 1$ ). Кількість покупців вважаємо досить великою, щоб використовувати агреговані характеристики. На першому етапі аналізу **припускаємо, що «продавець» точно знає цінність свого товару, «покупець» — має імовірнісну інформацію** — певну оцінку, гіпотезу про якість товару різних продавців. Ця оцінка поступово коректується на основі власного і чужого досвіду використання і споживання продукту. Виходячи з результатів досліджень функцій попиту і пропозиції, поданих в роботах Форрестера, Акоффа, Янча, Пешеля та ін. [1—3, 8, 9] введемо узагальнену функцію попиту. Залежність «попит—ціна» для товарів певного класу є результатом дії двох факторів: частотного розподілу потенційних покупців за доходами, оцінки покупцем цінності і корисності товару. Перший фактор визначає кількість потенційних покупців, другий — частку множини потенційних покупців, що мають не тільки можливість, але й **бажання** придбати товар.

### Базові моделі попиту

Будемо розглядати дві альтернативні моделі попиту: а) класичну, але обрізану обмеженнями «за таку ціну ніхто не купить» (максимальна ціна), «усі покупці отоварені — ринок вичерпано» (максимальне споживання); б) апроксимацію на базі логнормального розподілення. Пам'ятаємо, що це моделі-апроксимації, а не моделі на базі породжуючих механізмів. На рис. 1 показані графіки альтернативних моделей попиту.

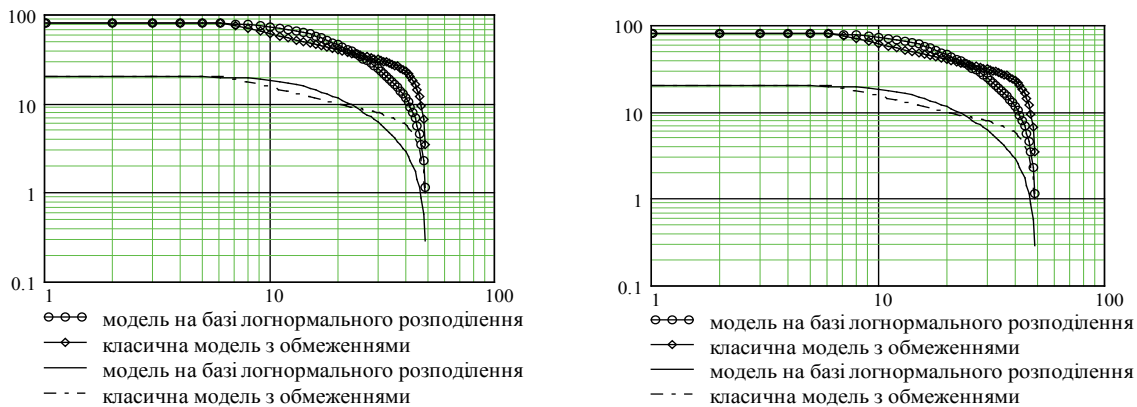


Рис. 1. Альтернативні моделі «ціна-попит»

### Розробка моделей попиту для випадку наявності продуктів з різним рівнем якості (цінності)

Визначимо, як буде змінюватись функція попиту зі зміною якості продукту. Нехай покупець має повну інформацію про якість продуктів на ринку. Можливі такі ситуації вибору для покупця: 1) за однаковою ціною продаються одночасно продукти різної якості і надійності; 2) на ринку є тільки продукт високої якості; 3) на ринку є тільки продукт низької якості. Очевидно в 1-му і 2-му випадках поведінка елементів системи («покупців») буде відповідати функції попиту для якісного продукту. У 3-му випадку поведінка елементів системи буде відповідати функції попиту для неякісного продукту.

Нехай існують два «гатунки» певного продукту: П1 П2 і продукт П1 за всіма показниками кращий П2. Постулюємо відмінності відповідних функцій попиту  $fdP1(c), fdP2(c)$ :

а)  $fdP1(c) \geq fdP2(c); c_{\min} \leq c \leq c_{\max};$

б)  $c_{\max}(P1) \geq c_{\max}(P2);$

в)  $fdP1(c_{\min}) \geq fdP2(c_{\min});$

г) Функції попиту продуктів одного виду, що мають різні рівні якості (цінності), можна подати як параметричне сімейство. Запропоновані моделі «ціна-попит» є тільки першим наближенням. Вони не враховують: динаміки та еволюції попиту, випадковості та впливу інших товарів — конкурентів, заміників, доповнювачів. Моделі оформлені як функції чотирьох параметрів:  $D(p, n,$

$Dm, pma$ ), де  $p$  — ціна продажу,  $n$  — параметр еластичності попиту,  $Dm$  — максимальний попит,  $pma$  — максимальна ціна.

### Розробка моделей пропозиції для випадку наявності продуктів з різним рівнем якості (цінності)

Функція «ціна-пропозиція» давно увійшла в підручники і сприймається як фундаментальний закон, типу законів механіки Ньютона. Але сучасна наука, виробництво, економіка якісно відрізняються від науки, техніки та економіки 1900—1970 років і необхідна ревізія функції пропозиції. Почнемо з лінгвістичної моделі: На ринку зафіксована певна поточна ціна  $p_0$ . Виробник приймає гіпотезу, що ціна  $c_0$  буде стабільною, незалежною від обсягу продаж продукту, і розраховує рівень виробництва, що дає максимальний прибуток на одиницю виміру продукту. Для випадку опуклої виробничої функції маємо один максимум.

При визначенні функції для випадку постійної собівартості (одиниці виміру) продукту існує мінімальна ціна продажу, така, що: а)  $\forall c: 0 \leq c \leq c_{\min}, fsP(c) = 0$ ; б) зі зростанням ціни продажу прибуток на одиницю продукту не зменшується  $\forall c_1, c_2 \in \{c_{\min}..c_{\max}\}, c_2 > c_1: fsP(c_2) \geq fsP(c_1)$ ; в) підвищення цінності і якості продукту збільшує його собівартість і тому зменшує оптимальний рівень виробництва — пропозицію. Тобто, якщо продукт 1 менш цінний, ніж продукт 2, то:  $fsP1(c) \geq fsP2(c); c_{\min} \leq c \leq c_{\max}$ .

На базі цих обмежень сформована робоча модель першого наближення, що є апроксимацією розв'язання задачі оптимізації обсягу виробництва з заданою ціною продажу. Модель не враховує ефектів освоєння, переходу на інші технології при зростанні обсягу випуску, наявності декількох паралельно працюючих виробництв з різними технологіями. Модель оформлена як функція чотирьох параметрів  $S(p, ns, Sm, pmi)$ , де  $p$  — ціна продажу;  $ns, Sm$  — параметри апроксимації,  $pmi$  — мінімальна ціна – границя прибутковості.

### Аналіз станів рівноваги для випадку двох продуктів різної якості

Розглянемо стани рівноваги системи «попит-пропозиція» з наявністю декількох виробників, що випускають певний стандартний продукт (телевізори, комп'ютери, хліб та ін.) з різними рівнями якості (цінності) і будемо вважати, що узагальнені виробничі витрати збільшуються з ростом якості (можлива і протилежна тенденція «дешевше—якісніше», що діє на етапах освоєння нового виробництва: раціоналізація конструкції і технології одночасно зменшує витрати і підвищує якість).

Припустимо, що на ринку є два продукти і продукт П1 за усіма показниками краще П2. Побудуємо три пари залежностей попиту і пропозиції від ціни для випадків: а) попит і пропозиція для якісного продукту; б) попит і пропозиція для неякісного продукту; в) середній попит і середня пропозиція (рис. 2).

Серед дев'яти точок перетину графіків виділимо п'ять точок, що відповідають певним інформаційним ситуаціям відносин «споживач-продавець»:

- 1 — на ринку тільки якісний товар і покупець адекватно оцінює його якість;
- 3 — на ринку тільки неякісний товар і покупець адекватно оцінює його якість;
- 2 — на ринку тільки неякісний товар, а покупець вважає його якісним;
- 4 — на ринку тільки якісний товар, а покупець вважає його неякісним;
- 5 — на ринку два товари, покупець знає про це, але не може їх розрізнити і тому попит є середнім.

Нехай можлива певна середня пропозиція, тоді точка 5 буде точкою рівноваги середнього попиту і середньої пропозиції. Формально це можливо, якщо ринок буде поділений між виробника-

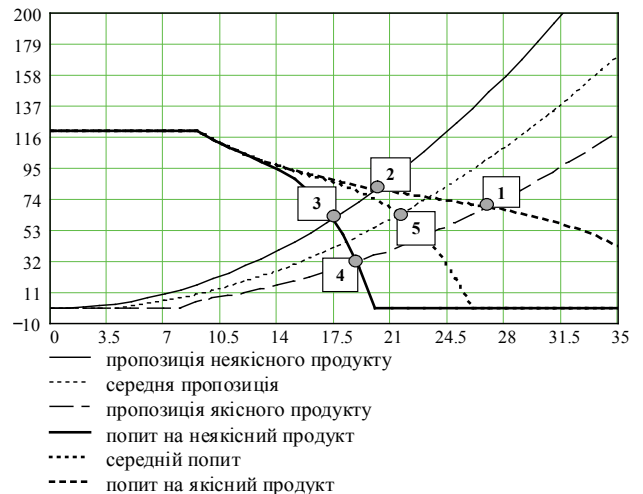


Рис. 2. Функції попиту і пропозиції, якщо на ринку є два продукти

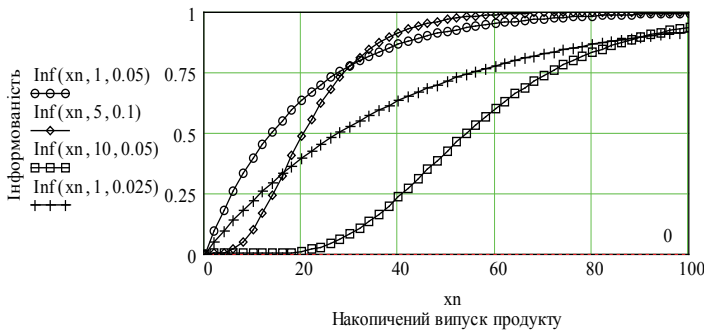


Рис. 4. Залежність інформованості покупця від накопиченого випуску продукції

1. Покупець не може розрізнити продукти різних виробників. В результаті придбання і використання продукту на ринку змінюється середня оцінка якості і цінності продукту, відповідно змінюється функція попиту. В цьому процесі покупець отримує інформацію про середній рівень якості, розкид якості та інші статистичні характеристики продукту на ринку.

2. Покупець може розрізнити продукти різних виробників. В результаті придбання і використання продукту на ринку середня оцінка якості і цінності продукту імовірно асоціюється з продуктом того чи іншого виробника. Термінальний стан процесу — повна інформованість покупця, достовірно розрізняє продукти 1 та 2, і достовірно оцінює їх якість. Таким чином, в системі обміну одночасно і сумісно йдуть два інформаційні процеси: а) оцінювання якості продуктів на ринку, б) розпізнавання виробників цих продуктів. Це характерно і для ринку кофе, і для ринку вищої освіти.

Розглянемо ситуацію коли покупець твердо знає, що продукт виробника А краще продукту виробника В, треба тільки навчитись відрізнити «А» від «В». На рис. 3 показано залежність розподілу ринку від показника  $inf$ , інформованості покупця, що змінюється від  $inf = 0$  (чисто випадковий вибір) до 1 (детермінований вибір). Цим залежностям відповідають такі сценарії.

1. На початку процесу (новий ринок, новий товар) покупці не розрізняють продукти різних виробників і з однаковою ціною і рівною доступністю продуктів вибирають продукти з однаковою імовірністю. Споживання продукту, обмін досвідом серед покупців приводить до впевненішого вибору покупцем продукту.

2. На початку процесу покупці не розрізняють продукти різних виробників і з рівною доступністю продуктів і дешевшому гіршому продукті вибирають дешевший продукт з однічною імовірністю. Споживання (експериментальне визначення якості і цінності) продукту, обмін досвідом серед покупців приводить до певної сегментації ринку.

На основі розглянутих гіпотез про розподіл ринку сконструюємо функцію інформованості покупців відносно продуктів на ринку (рис. 4). В першому наближенні вважаємо, що інформованість залежить від часу, або від накопиченого обсягу продажу обох продуктів. Темп і характер навчання залежить від багатьох факторів, в тому числі — «іраціональних». Наслідком останніх може бути ситуація, коли на ринку перемагає не кращий товар, а товар із зручною для вимови назвою та ін. Модель можна настроїти на можливі ситуації навчання споживачів.

ми у пропорції  $fsP1(c5)/fsP2(c5)$ . Якщо споживачі з часом, в процесі споживання отримують точнішу інформацію про якість товару, то стан рівноваги в точці 2 буде зсуватись в точку 3, а з точки 4 — в точку 1.

### Аналіз процесів еволюції стану рівноваги ринку з наявністю двох виробників

Розглянемо процеси зміни інформованості покупців.

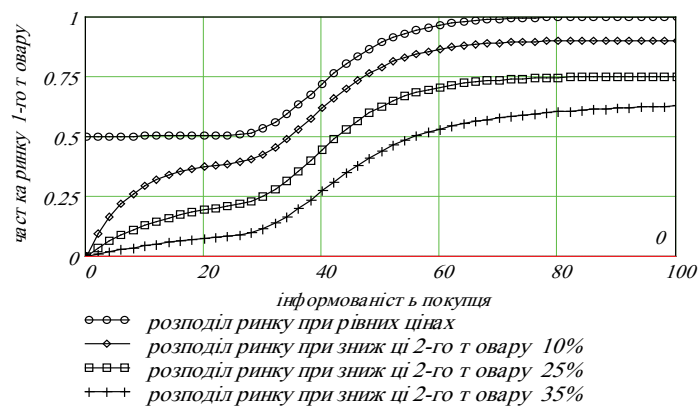


Рис. 3. Розподіл ринку при зростанні інформованості покупців (гіпотеза)

### Модель розподілу ринку між виробниками

Розроблення математичних моделей розподілу ринку є важкою не тільки тому, що поведінка «виробників» і «покупців» на ринку є складною, але й тому, що класична модель обміну «попит-пропозиція» непридатна для опису ситуацій конкуренції. Як перший крок розглядаємо ситуацію, коли на ринку діє єдина ціна і два виробники — дешевого неякісного і дорогого якісного продуктів. Прийнемо такі гіпотези про розподіл ринку: якщо інформованість нульова, то ринок ділиться згідно з пропозицією (що частіше зустрічається, то частіше купується), при повній інформації ринок ділиться пропорційно попиту на 1-й і 2-й продукти з середньою ціною.

### Програма моделювання ринку з двома виробниками

На базі розглянутих моделей попиту, пропозиції, «навчання» покупців та розподілу ринку складена програма моделювання процесів перерозподілу ринку з асиметричною і динамічною інформаційною структурою. Інтерфейс програми дозволяє змінювати параметри функцій попиту, пропозиції та інформованості покупців. В головному циклі програми послідовно визначаються:

- параметри середніх функцій попиту і пропозиції та середню ціну;
- пропозиції товарів і пропорцію розподілу ринку згідно з пропозиціями;
- попити з середньою ціною і пропорцією розподілу ринку згідно з попитом;
- інформованість покупців та перерозподіл ринку згідно інформованості;
- середній попит і частки ринку з даним станом інформованості;
- доходи виробників і сумарний дохід.

На рис. 5 подано приклади результатів моделювання – перехідні процеси на фазовій площині і в функції часу – для випадків високого і низького темпу навчання. За результатами випробувань модель є логічно і математично коректною і, внаслідок прийнятих припущень, ідеалістичною: кращий товар рано чи пізно завжди витіснить з ринку гірший.

### Висновки

Запропоновано базову робочу модель конкурентного ринку з неповною інформованістю сторін з урахуванням процесу «навчання». Розроблено діалогову програму моделювання процесів перерозподілу ринку, яка дозволяє вести дослідження систем з обміном ресурсами для випадків продуктів з близькими якостями і цінами. У випадку продуктів з суттєво різними якостями, витратами і цінами задача вже не вписується в прокрустове ложе моделі «попит-пропозиція», тому що функції попиту і пропозиції руйнуються діями конкурентів та «абсолютно нелогічною» поведінкою покупців. В цих випадках треба переходити на моделі біологічного характеру типу нелінійної моделі Ланчестера.

### Перспективи

Отримана модель може бути основою для розв'язання досить широкого кола важливих для практики задач – її неважко доповнити урахуванням витрат виробництва і маркетингу, ввести банкрутство, кредити та ін. Але головне призначення моделі – зробити перший крок до побудови моделей, що могли б відобразити суттєві риси сучасних ринків, тому що «ценообразование в условиях конкуренции является более неоднозначным и рискованным процессом, чем ценообразование на уникальный товар» [3].

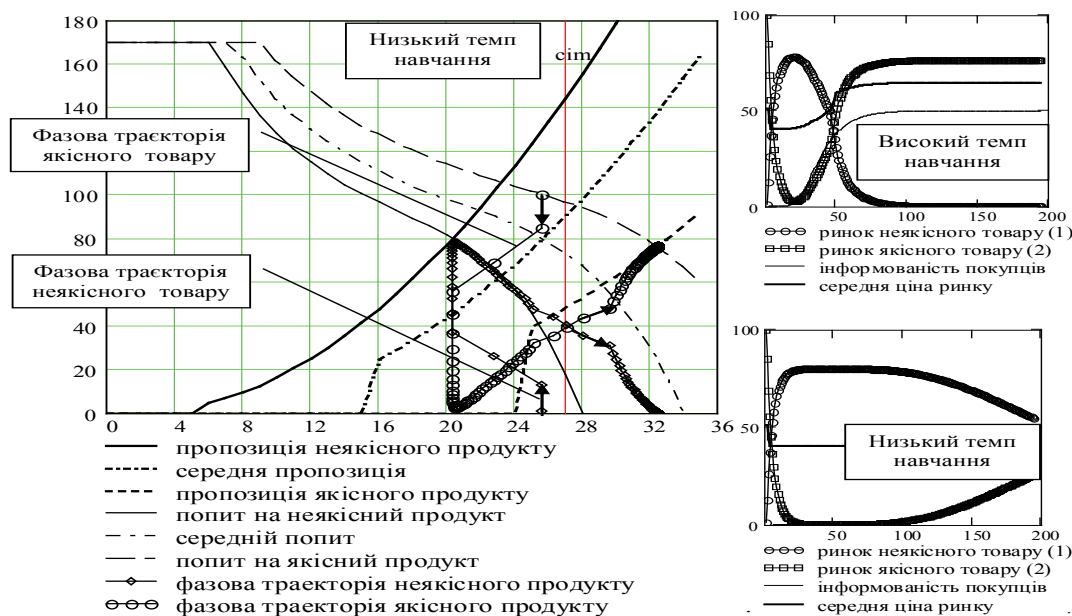


Рис. 5. Перехідні процеси в системі

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Опойцев В. И. Равновесие и устойчивость в моделях коллективного поведения. — М.: Наука, 1977. — 311 с.
2. Пешель М. Моделирование сигналов и систем. — М.: Мир, 1981. — 301 с.
3. Нэгл Томас Т. Стратегия и тактика ценообразования. Руководство для принятия решений приносящих прибыль. — М.: Питер, 2001. — 375 с.
4. Боровская Т. Н., Северилов В. А., Колесник И. С. Детская экономика. Моделирование и оптимизация производственных систем // Компьютеры + Программы. — 2002. — № 2. — С. 43—47.
5. Боровська Т. М., Северілов В. А. Електронна книга «Моделювання у менеджменті». Технології навчання, орієнтовані на моделювання // Доповіді МНК «Інтернет – освіта – наука – 2002. Том 2». — Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2002. — С. 285—288.
6. Бадьора, С. П., Колесник І. С. Інтеграція навчання, наукових досліджень і практики на прикладі узагальнень задач Марковиця // Доповіді МНК «Інтернет – освіта – наука – 2002. Том 2». — Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2002. — С. 275—279.
7. Колесник, І. С., Северілов В. А. Оптимальне управління розподіленням ресурсів в децентралізованих системах // Доповіді МНК «Контроль і управління в технічних системах». — Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2001. — С. 73—78.
8. Дибб С., Симкин Л. Практическое руководство по сегментированию рынка. — Москва—Харьков: Питер, 2001. — 231 с.
9. Мак-Дональд М. Стратегическое планирование маркетинга. — Москва—Харьков: Питер, 2001. — 267 с.

Рекомендована кафедрою комп'ютерних систем управління

Надійшла до редакції 8.05.03  
Рекомендована до опублікування 11.09.03

**Боровська Таїсія Миколаївна** — доцент, **Бадьора Сергій Петрович** — аспірант.

Кафедра комп'ютерних систем управління. Вінницький національний технічний університет

**Северілов Віктор Андрійович** — доцент кафедри інформаційних технологій.

Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна», м. Вінниця