

УДК 62.50:658

**М. В. Васильська**, студ.;**В. А. Северілов**, к. т. н., доц.;**Є. П. Хомин**, студ.

## ДВОРІВНЕВА МОДЕЛЬ ВИБОРУ СПОЖИВАЧІВ НА ЛІНІЙЦІ ПРОДУКТІВ

*Запропоновано і програмно реалізовано модель вибору споживача на лінійці продуктів певного призначення, ранжованій за ціною. Проведено дослідження процесів розподілу темпів продажів лінійки продуктів. Досліджено проблему локальної нестійкості лінійки продуктів.*

### Постановка проблеми

Сьогодні, в епоху виробництва орієнтованого на споживачів нагально необхідні моделі вибору споживача, але не вибору конкретного продукту, а вибору на лінійці продуктів одного класу, упорядкованих за ціною. Модель повинна бути не тільки задовільно відтворювати реальність, але і бути простою і придатною для імітаційного моделювання великих масивів реальних споживачів, дані про уподобання та доходи яких автоматично збираються в гіпермаркетах та системах інтернет-торгівлі. Додаткова проблема — «вакуум» теоретичних і прикладних робіт в цій області [1, 2, 4]. Ще одне ускладнення проблеми — необхідність комплексного, системного підходу. Згідно канонам системного підходу необхідно максимально розширити границі задачі. В даному випадку споживач є частиною системи «виробники — ритейлери — продукти — споживачі» [3]. Рішення, які приймають споживачі, обумовлені рішеннями виробників і ритейлерів, і, в свою чергу, обумовлюють рішення виробників і ритейлерів. Розподілена система «виробники — ритейлери — споживачі» має дві особливості:

— сьогодні чисельності елементів в кожному класі об'єктів відносяться приблизно як 1/10/100 (ритейлери, виробники, споживачі);

— елементи системи можуть ситуативно входити до різних класів, тобто індивід може бути в одній ситуації споживачем, в інших — виробником, або продавцем.

*Задача розробки* — отримати робочу модель імітації регулярного вибору споживачів на певному класі продуктів з урахуванням навчання споживача, вбудувати цю модель в програму моделювання «N×M×K системи», порівняти моделі вибору споживача і виробника, визначити ключові моменти вибору ритейлера.

### Розробка узагальненої моделі прийняття рішень споживачем

Термін «узагальнена» означає побудову моделі, що за рахунок зміни невеликого числа параметрів може бути настроєна на різні класи продуктів споживання. Пам'ятаємо, що «споживач» — це не індивід (фізична особа), а роль, стан, іпостась: в розвинених суспільствах індивід виступає в ролях виробника, інвестора і споживача. Відомі сотні загальних моделей прийняття рішень, прийняття рішень з навчанням, з певних причин легше зробити сто першу модель, ніж намагатись зібрати необхідну робочу модель з доступних аналогів і прототипів. Наприклад, за допомогою функції попиту описують реакцію споживача на зміну ціни продукту. Ми покажемо, що такої функції певним чином не існує. Змістовно, об'єктами прийняття рішень споживача звичайно є:

— розподіл поточного ресурсу між «споживанням» певних класів «продуктів»: «хліба», «видовищ», «чтива», мобільних телефонів, ноутбуків, автомобілів, оздоровлення, озеленення, домашніх тварин, вищої освіти та банківських продуктів;

— вибір серед альтернатив продукту певного класу (= лінійки продуктів) певного «доступно-бажаного» продукту, в тому числі і ніякого.

### Словесна модель реальної системи

*Споживач* характеризується доходом, інформованістю — спроможністю розрізняти вироби різних виробників та досвідом використання продукту, і наявністю у нього власного досвіду використання продукту, схильністю до споживання.

*Система споживачів* характеризується обсягом даного регіону (області тяжіння), розподілом доходів в даному регіоні, насиченістю ринку, залежністю середньої імовірності вибору в залежності від рівня доходу, рейтингу продукту та «довжини і висоти полиці», та функціями попиту.

*Продукт* (марка продукту) на ринку характеризується собівартістю, ціною, корисністю і якістю (цінністю), функцією «ціна — пропозиція і функцією обміну інформацією в «клубі споживачів». Різні класи продуктів відрізняються різними процесами споживання — разові, тривалого споживання, «грошові насоси», «засоби виробництва», «ритуальні», сезонні та ін.

*Система продуктів* (виробників) на ринку. В певному сегменті ринку існують продукти різної ціни і якості. Потенційно можливо дати оцінку корисності (цінності) продуктів і побудувати залежність «ціна-цінність». На базі аналізу великого обсягу інформації, можна деталізувати і формалізувати такий звичний для кожного процес, як вибір і купівля певного продукту чи послуги. Виходимо з таких фактів:

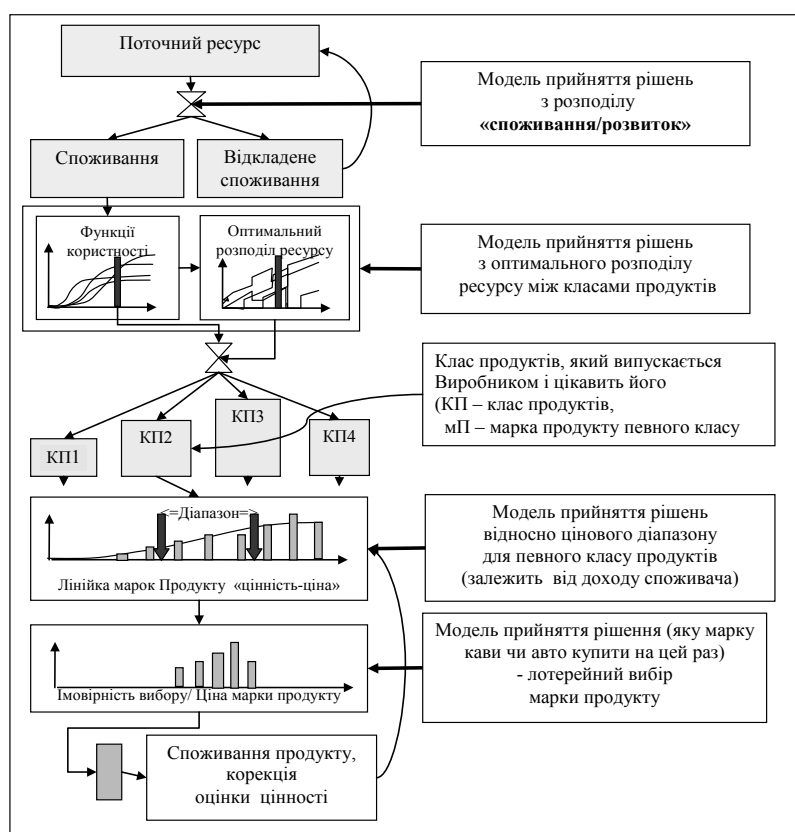


Рис. 1. Схема процесу вибору споживачем продукту з множини допустимих альтернатив

— споживач певного класу продуктів звичайно має справу з вибором продукту на досить широкій множині продуктів різної ціни і цінності, від різних виробників;

— суттєве значення для раціоналізації вибору покупців і стійкого підвищення доходів продавців має викладка товарів, подання їх в каталогах, сайтах торгових закладів;

— споживацький вибір індивіда є результатом «нероз’ємної» дії двох механізмів: навчання, звання, спонтанної тяги до новизни, бажання виділитися.

Споживання конкретного класу продуктів залежить від доходів споживача, схильності до споживання, розподілу ресурсів — частки виділеної для даного класу продуктів.

Вибір конкретної марки продукту споживачем можна поділити на два етапи:

— вибір підмножини

продуктів, що є доступними і мають задовільну цінність;

— вибір продукту з підмножини припустимих згідно оцінкам цінності.

На рис. 1 подана схема процесу вибору споживача — «трансляція» поданого вище словесного опису.

### Розробка програми «вибір — навчання»

Програма  $vr9(Vpa, Al)$  (рис. 2) бере вектор, що складається з таких матриць:

$$Vpa = \left( \begin{array}{l} "Mf - матриця оцінок продуктів споживачами" \\ "Blv - матриця "істинної" цінності продуктів " \\ "Nevz - матриця розкидів оцінок продуктів споживачами" \end{array} \right)$$

і повертає вектор, що складається з таких матриць:

$$V_{uxid} = \begin{pmatrix} \text{"Vybir - матриця поточних виборів продуктів споживачами"} \\ \text{"Mf - скоректована матриця оцінок продуктів споживачами"} \\ \text{"KolKup - вектор темпів продажу продуктів"} \end{pmatrix}$$

На рис. 2 подано текст програмного модуля «вибір-навчання» (версія 9).

<pre> vp9(Vpa, Al) := Mf ← Vpa1 Prod ← rows(Mf) Poky ← cols(Mf) for i ∈ 1..Prod     KolKup<sub>i</sub> ← 0 for j ∈ 1..Poky     Mrn<sup>&lt;j&gt;</sup> ← Mf<sup>&lt;j&gt;</sup>     for i ∈ 1..Prod         vybir<sub>i,j</sub> ← 0 for j ∈ 1..Poky     bum ← rnd(1)     iq ← 1     gran ← Mrn<sub>iq,j</sub>     vpalo ← bum ≤ gran     while ¬vpalo         iq ← iq + 1         gran ← gran + Mrn<sub>iq,j</sub>         vpalo ← bum ≤ gran     vybir<sub>iq,j</sub> ← 1 Blv ← Vpa2 Nevz ← Vpa3 dMU ← dm(vybir, Blv, Nevz) Mf ← nrmliz(Mf, dMU, Al) for i ∈ 1..Prod     KolKup<sub>i</sub> ← mean[(vybir<sup>T</sup>)<sup>&lt;i&gt;</sup>] · Poky     </pre> <div style="display: flex; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 10px;">                 vybir Mf KolKup             </div> </div>	<p>Визначаємо кількість рядків і стовпців у масиві (матриці).</p> <p>В цьому циклі нормуємо елементи стовпців матриці Mf так, щоб сума елементів стовпця була одиничною і створюємо матрицю win з нулів.</p> <p><b>Цикл по усіх стовпцях</b> (покупцям). Вводимо випадкове число bum і послідовно перевіряємо, чи входить воно в черговий інтервал дискретного частотного розподілу. «vpalo» — логічна змінна, що дорівнює одиниці, якщо число bum впадає в поточний інтервал.</p> <p><b>Цикл поки</b> (не знайшли інтервал). Як тільки умова входження виконана, записуємо «1» у відповідний елемент матриці win. Програма повертає матрицю vybir, в якій одиничний елемент win<sub>ij</sub> інтерпретується як «купити саме цей продукт».</p> <p>Усі споживачі зробили свій vybir, споживають і по результатам споживання коректують оцінки споживаного продукту — dMU і ранги продуктів — Mf (звичайно підсвідомо).</p> <p><b>Перший крок тестування:</b> задали вхідну маленьку (3×3) матрицю рангів продуктів Mu, розпакували вихід програми: вибір покупців і нове значення Mu.</p> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;">                 споживачі  <math display="block">Mu = \begin{pmatrix} 0,6 &amp; 0,33 &amp; 0,1 \\ 0,3 &amp; 0,33 &amp; 0,3 \\ 0,1 &amp; 0,34 &amp; 0,6 \end{pmatrix}</math>                 продукти             </div>
---	---

Рис. 2. Текст програмного модуля для імітації поведінки споживача

### Результати моделювання вибору споживачів на лінійці продуктів

Програмний модуль пройшов випробування на системах «продукти — споживачі» різної розмірності від мінімальної — «3 продукти, 3 споживачі» до «100 продуктів, 1000 споживачів». На рис. 3, 4 подано приклади результатів моделювання розподіленої системи.



Рис. 3. Приклад результатів моделювання: вибір споживача, розподіл темпів продаж

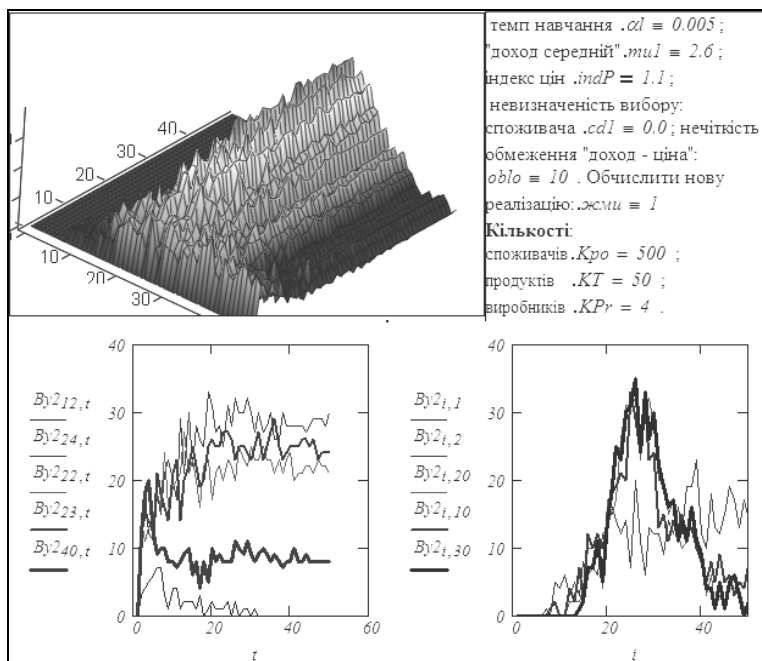


Рис. 4. Приклад результатів моделювання: три проекції процесів перерозподілу темпів продажів продуктів лінійки

Можна бачити, що робоча модель вибору і навчання споживачів працездатна, видає правдоподібні результати і придатна (див. рис. 4) для модифікацій. Робоча модель придатна для використання в якості підпрограми (функціонального модуля) в програмах моделювання розподілених систем «виробники, продукти, споживачі».

### Розробка узагальненої моделі прийняття рішень виробником

Відомі сотні загальних моделей прийняття рішень, прийняття рішень з навчанням, з них можна вибрати десятки спеціалізованих моделей прийняття рішень виробником. Зробимо узагальнений модуль, такий, що за рахунок вибору значень певних параметрів, дозволяє відтворити різні ситуації прийняття рішень виробником. Змістовно, об'єктами прийняття

рішень можуть бути:

- обсяги випуску певних продуктів;
- обсяги інвестицій у розширення і згортання виробництва певних продуктів;
- рішення щодо купівлі чи продажу певних бізнес-одиниць;
- рішення щодо залучення зовнішніх ресурсів (кредитів, емісії акцій ...) та кадрів.

З ряду причин зручно формалізувати всі ці ситуації як задачі розподілу ресурсів. Прийнемо, як перше наближення до «ідеальної моделі» таку словесну модель прийняття рішень виробником:

- на кожному кроці виробник послідовно ділить наявні ресурси;
- між «споживанням» і розвитком «окремих виробництв»;
- між пропорційним розподілом і «лотерейним».

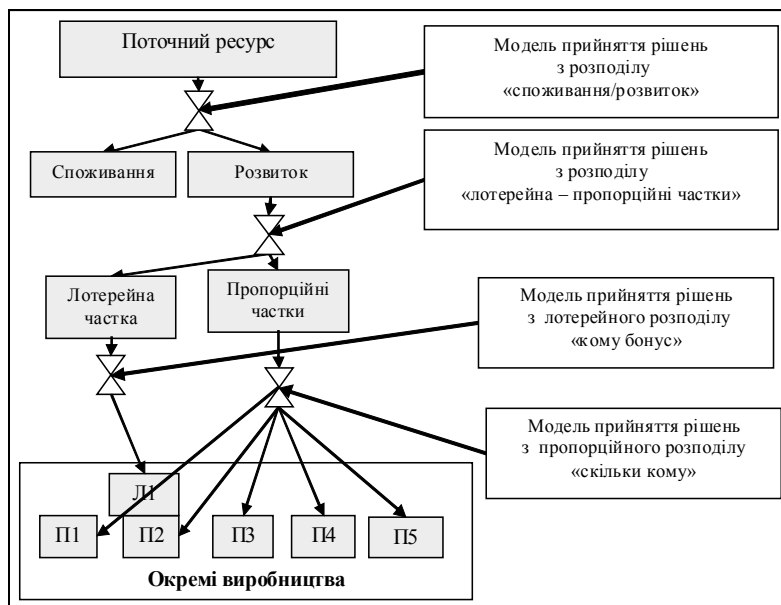


Рис. 5. Схема прийняття рішень виробником щодо розвитку виробництв продуктів

Витрати на випуск продукції окремо не розглядаємо — вони однозначно обумовлюються поточними темпами виробництва та інвестицій. Відобразимо словесну модель у графову (рис. 5).

Поточний ресурс для розвитку ділиться спочатку на дві частки — «пропорційну» і «лотерейну». «Пропорційна» частка розподіляється детерміновано між окремими продуктами пропорційно значенням критерію їх перспективності, «лотерейна» частка імовірно виділяється одному з елементів. Імовірності вибору елементів формуються пропорційно значенням критерію перспективності елементів. В умовах невизначеностей точність математичних моделей повинна бути адекватною точності вхідних даних.

До таких моделей відноситься модель комбінованого розподілу ресурсу. Природно розподіляти ресурс так, щоб максимізувати певний критерій — сумарний темп виробництва, або накопичений за певний плановий період обсяг виробництва. Цю задачу оптимізації розв’язуємо непрямым шляхом — «дозволяємо» кожному елементу максимізувати свій власний темп сумарного виробництва методом проб і помилок. Причина — невизначеність параметрів виробничих елементів. Тобто, кожний елемент розподіляє ресурс згідно з критерієм «очікувана ефективність». Будуємо імовірнісний алгоритм розподілу поточного ресурсу між виробництвами різних продуктів. Наведемо послідовність кроків по визначенню локального управління за імовірнісною моделлю. Перші кроки — визначення середніх:

— ковзний середній темп виробництва:  $xs_{i,j} = xs_{i,j} \cdot \alpha + (X_{t+1})_{i,j} \cdot (1 - \alpha)$ ;

— ковзний середній темп прирощення темпу виробництва:  $dxs_{i,j} = dxs_{i,j} \beta + \Delta xs_{i,j} (1 - \beta)$ .

Параметри  $0 \leq \alpha \leq 1$ ,  $0 \leq \beta \leq 1$  — об’єкти настроювання в залежності від швидкості змін і рівня шумів [4]. Оцінка перспективності продукту:  $efp_{i,j} = a1 \cdot xs_{i,j} + a2 \cdot dxs_{i,j}$ .

Наступний крок — розподіл ресурсу елемента на дві частини: імовірнісну  $0 \leq lox \leq 1$  та детерміновану  $(1 - lox)$  частки. Частка  $lox$  випадає одному продукту, але згідно розподілу ймовірностей, що формується нормуванням ефективностей продуктів; частка  $(1 - lox)$  ділиться відповідно цьому ж розподілу. Змінюючи параметр  $lox$  в діапазоні  $0 \leq lox \leq 1$  отримуємо широкий спектр детермінованих та імовірнісних законів управління. Подаємо відповідні залежності

— нормований критерій перспективності продуктів:  $rzp_{i,j} = \frac{efp_{i,j}}{\sum_{k=1}^M efp_{i,j}}$ ;

— розподіл ресурсу між детермінованою часткою та імовірнісною:

$$Rpm_{i,t} = Rs_{i,t} \cdot lox_i ; Rdp_{i,t} = Rs_{i,t} \cdot (1 - lox)$$

Розподіл цих часток між витратами на розвиток виробництва продуктів:

— «лотерейний» розподіл:  $(rpm_t)_{i,j} = Rpm_{i,t} \cdot P(rzp_{i,j})$ ;

— та пропорційний розподіл:  $(rdp_t)_{i,j} = Rdp \cdot rpz_{i,j}$ ;

— частки ресурсу для кожного елемента:  $r_{i,j} = (rpm_t)_{i,j} + (rdp_t)_{i,j}$ ;

де  $i = 1, \dots, N$ ,  $j = 1, \dots, M$  — індекси елементів та продуктів;  $0 \leq lox_i \leq 1$  — частка поточного ресурсу системи, що розподіляється імовірнісно;  $Rs_{i,t}$  — поточний сумарний ресурс  $i$ -го елемента;  $Rpm_{i,t}$ ,  $Rdp_{i,t}$  — імовірнісна монопольна та детермінована пропорційна частки ресурсу;

$P(rzp_{i,j})$  — випадкова подія: ресурс  $Rpm_{i,t}$  виділений для розвитку виробництва  $j$ -го продукту;  $(rpm_t)_{i,j}$ ,  $(rdp_t)_{i,j}$  — імовірнісна та детермінована складові поточного ресурсу виділеного у розвиток  $j$ -го продукту;  $r_{i,j}$  — локальне управління: ресурс, виділений  $i$ -м елементом у розвиток  $j$ -го продукту. На рис. 6 подана схема формування оцінок перспективностей продуктів.

На рис. 7 подано приклад результатів моделювання процесів розвитку системи виробників. Виробники в обчислювальному експерименті поділені на два класи за методами прийняття рішень: безризикове з пропорційним розподілом ресурсів і ризикове з концентрацією ресурсів на одному з

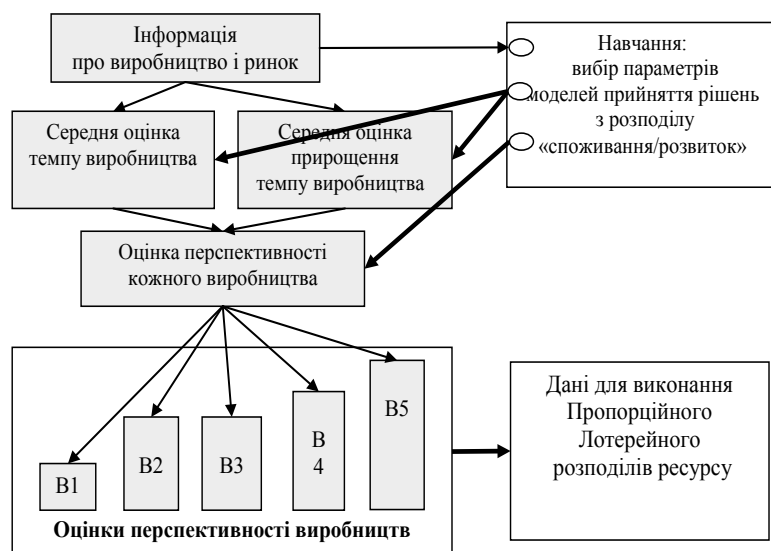


Рис. 6. Схема формування оцінок перспективності для прийняття рішень

продуктів. Бачимо, що виробник-аутсайдер за продуктивністю може стати лідером продажів за рахунок оптимального ризикового управління.

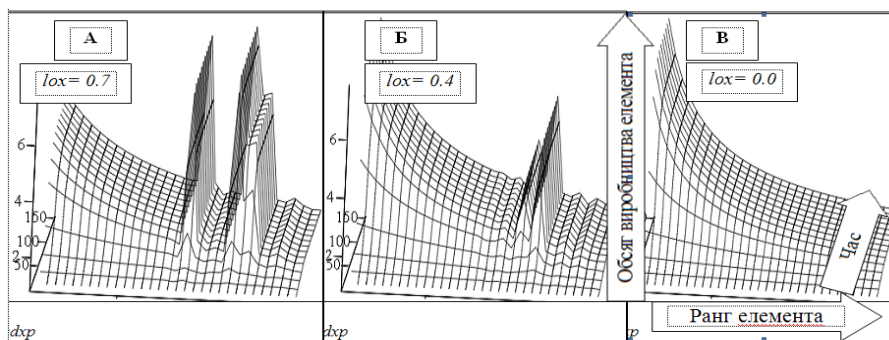


Рис. 7. Процеси розвитку системи з двома класами елементів

### Висновки

Запропонована методологія конструювання математичних моделей соціо-техніко-економічних систем і розроблена система робочих моделей для таких систем. Розроблена зручна для модифікації імітаційна модульна модель системи «виробники, продукти, споживачі», що потенційно може бути настроєна на специфіку будь-яких продуктів, моделей споживання, «навчання» та технологій. Головний результат: виконана розробка і проведені дослідження підготували надійне підґрунтя для проведення досліджень в актуальному напрямку «координація інтересів споживачів, виробників та продавців».

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. 1. Нэгл Томас Т. Стратегия и тактика ценообразования. Руководство для принятия решений приносящих прибыль / Томас Т. Нэгл. — М.: «Питер», 2001. — 375 с. — ISBN 5-318-00029-0.
2. 2. Kelly K. New Rules for the New Economy. 10 radical strategies for a connected world / K. Kelly. — Penguin books, 1999. — 180 с. — ISBN 0-670-88111-2.
3. 3. Экланд И. Элементы математической экономики / И. Экланд. — М.: Мир, 1983. — 248 с.
4. 4. Вітлінський В. В. Моделювання економіки: [навчальний посібник] / В. В. Вітлінський. — К.: КНЕУ, 2003. — 408 с. — ISBN 966-574-411-9.
5. 5. Боровская Т. Н. Детская экономика. Моделирование и оптимизация производственных систем / Т. Н. Боровская, В. А. Северилов, И. С. Колесник // Компьютеры + Программы. — 2002. — № 2. — С. 43—47.
6. 6. Боровская Т. Н. Что будет, если? Имитационное моделирование в Mathcad / Т. Н. Боровская, В. А. Северилов, П. В. Северилов // Компьютеры + Программы. — 2000. — № 12. — С. 37—41.

Рекомендована кафедрою комп'ютерних систем управління

Надійшла до редакції 21.10.08  
Рекомендована до друку 20.11.08

**Васильська Майя Валеріївна, Хомин Євген Петрович** — студенти Інституту магістратури аспірантури та докторантури.

Вінницький національний технічний університет;

**Северілов Віктор Андрійович** — доцент.

Кафедра інформаційних технологій, Вінницький соціально-економічний інститут