

УДК 62.50:658.21

Т. М. Боровська, к. т. н., доц.;

І. С. Колесник, к. т. н., доц.;

В. А. Северілов, к. т. н., доц.

МОДЕЛЮВАННЯ РОЗВИТКУ ПІДПРИЄМСТВА «НА ФОНІ» ПІДПРИЄМСТВ І СПОЖИВАЧІВ СЕГМЕНТУ РИНКУ

Запропоновано технологію розробки робочих моделей та інтерфейсів для імітаційного моделювання розподілених систем класу «виробники — продукти — споживачі», де імітується поведінка кожного елемента. Призначення системи моделей — пряма оцінка ризиків, пошук оптимальних управлінь. Проаналізовано приклади результатів моделювання.

Вступ

Прогнозування розвитку бізнес-елемента деякої бізнес-системи — регіонального або галузевого сегменту ринку — завжди було актуальним [1]. Глобалізація, інформатизація, прискорення розвитку науки і техніки ускладнили задачі прогнозування і одночасно створили нові можливості розробки і реалізації ефективних програм імітаційного моделювання. Розроблена модель, де імітується поведінка кожного елемента системи. Дослідник може вибрати певний елемент і організувати для нього пошук оптимальних стратегій управління з урахуванням випадкових чинників і передбачуваної логіки поведінки інших елементів системи. Для реалізації такого підходу розроблені: раціональні моделі поведінки елементів, засоби управління обчислювальними експериментами і відображення стану системи в цілому і окремих елементів. Моделюванням отримані результати, що пояснюють факти реальності, зокрема, необхідність різних стратегій для ситуацій зростання і спаду виробництва. Імітаційне моделювання вважалось «останнім засобом», «грубим силовим прийомом» в ситуаціях, коли застосування аналітичних методів неможливе. Термін «останній засіб» зовсім не означає простоти застосування і коректності результатів імітаційного моделювання. Якщо подолати достатньо довгий ланцюг великих і малих проблем, то імітаційне моделювання дійсно буде «останнім засобом» — істиною в останній інстанції, еталоном не тільки для інших моделей і методів, але і для самої реальності.

Головне призначення імітаційних моделей — *активне прогнозування*, — пошук тих, що не спостерігалися в реальній економіці, рідкісних, але бажаних (для замовника досліджень на моделях) процесів розвитку, і ретельна інвентаризація бажаних і катастрофічних варіантів розвитку, що поки не спостерігалися в реальних бізнес-системах.

У бізнес-системах можна виділити мінімум три класи об'єктів: «виробники», «продукти», «споживачі». Природний результат інноваційного характеру розвитку і прискорення технічного прогресу — поява великої кількості принципово нових продуктів і нових, незнайомих споживачеві виробників. Це явище називається «ринки з асиметричною інформаційною структурою». Неповнота інформації у споживача стосовно продукту і виробника породжує комплекс явищ, які поки не знайшли відображення в математичних моделях, хоча на практиці такі ринки існували завжди. На таких ринках з'являються імітації продукту з гарантованою якістю («бренду»), або ринок заповнюється масовою дешевою версією певного продукту. Неякісні продукти не тільки витісняють з ринку якісні, але і підривають довіру покупця до даного класу продуктів і «вбивають» сегмент ринку. «Дерев'яні» помідори підривають ринок помідорів взагалі, це справедливо і для ринків акцій або вищої освіти. Останні обвали світових фінансових ринків були викликані не стільки терактами, скільки «мильними бульбашками» в секторах Інтернет-бізнесу і високотехнологічних виробництв. Тому для прогнозування стану деякого сегменту виробництва і ринку необхідні моделі з імітацією стану кожного виробника, продукту і споживача, на базі нових моделей інноваційного виробницт-

ва, попиту і навчання споживачів. Сучасні автоматизовані системи дозволяють збирати і обробляти інформацію про стан кожного елемента системи «виробники — продукти — споживачі».

Постановка проблеми

Сьогодні центральна проблема для виробничих систем — пошук і реалізація стратегічного управління, орієнтованого на ринок, точніше, на кожного споживача. Ускладнення проблеми — децентралізація і динамічність структур сучасних виробничих систем. Глобалізація жорстко обумовлює необхідність саме оптимального управління. Більшість задач оптимального управління виробничими системами зводяться до розподілу узагальнених ресурсів між окремими продуктами, ринками, виробничими елементами, напрямками розвитку. Ще більше ускладнює проблему необхідність в оцінках ризиків розвитку окремого елемента враховувати не тільки власні дії але і дії конкурентів та «примхи» споживачів. Традиційні статистичні методи є абсолютно непридатними для оцінки ризиків розвитку не тільки тому, що проблематично отримувати коректну статистику, але і тому, що розподіли ймовірностей доходів для окремого елемента мають складний, полімодальний і нестійкий характер.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У доступній сучасній літературі не знайдено близьких аналогів запропонованих моделей. Практичні аспекти методології конструювання робочих моделей для процесів розвитку виробничих систем розглянуті в [1—5]. Теоретична основа розробки — моделі колективної поведінки і теорія ансамблів динамічних систем.

Мета роботи: розробка теоретичних основ і робочих моделей для прямої оцінки ризиків інвестицій в розвиток окремого виробничого елемента системи виробників певного сегменту ринку.

Шлях вирішення проблеми

Можливості сучасних персональних комп'ютерів дозволяють моделювати систему виробників певного сегменту ринку і так набирати статистику на віртуальній реальності, за умови «зняття» проблем розмірності оптимізаційних завдань розподілу ресурсів кожним учасником. Оптимальне управління — зазвичай невідомий і недосяжний ідеал для виробника, робимо базисом моделі поведінки конкретного виробника. Введенням параметрів невизначеності інформації, відсутність певних знань та ін. ми легко можемо імітувати реальні процеси управління.

Постановка задачі моделювання

Маємо нелінійну, нестационарну багатозв'язну динамічну систему з трьома класами елементів «виробник», «продукт», «користувач». Елементи класів «виробник» і «користувач» мають власні — локальні критерії і самостійно формують свої — локальні управління. Алгоритми локального управління зазвичай враховують стан оточення елементів — ціни продуктів, потреби в продуктах тощо. Між елементами існують інформаційні і матеріальні взаємодії. Система моделювання повинна забезпечувати можливості:

- набирати статистику розвитку системи в цілому і для будь-якого елемента при обліку випадкових збурень;
- оцінювати вплив варіацій параметрів зовнішнього оточення на процес розвитку системи в цілому і будь-якого елемента;
- вести цілеспрямований пошук оптимальних алгоритмів (стратегій) локального управління для вибраного елемента для заданих стратегій управління решти елементів.

Базова модель задачі розвитку

Як надійний математичний фундамент для оптимізації обрано **метод оптимального агрегування** [5—7], який трансформує оптимізаційну задачу нелінійного програмування в просту задачу алгебри. Радикальні переваги методу — об'єм обчислень росте зростанням розмірності задача тільки *лінійно*, а не *експоненційно*, відсутні обмеження на вид (клас) цільових функцій і функцій обмежень. Метод оптимального агрегування дозволяє замінювати багатовимірні системи *еквівалентною оптимальною одновимірною системою*. У результаті змінюється структура моделей оптимального управління процесами розвитку і створюється нова технологія конструювання моделей. Процес створення математичної моделі сучасних розподілених систем класу « N виробників, M продуктів певного класу, K споживачів» можна розбити на такі етапи:

- створюється і відлагоджується агрегована модель «один виробник, один продукт, один споживач»;

- послідовно створюються моделі з імітацією функціонування кожного елемента певного класу
- спочатку виробника, потім продукту, потім споживача, враховуються механізми навчання систем виробників і споживачів;
- створюється імітаційна модель, що доводиться до рівня еталонної;
- за результатами моделювання уточнюються агреговані моделі.

```

for t ∈ 3 .. Nk
    sp_{t-1} ← ∑_{i=1}^{Ni} xp_{i,t-1}
    Ry_t ← Ry_{t-1} + [kr · ( (Rmk - sp_{t-1}) / Rmk ) · sp_{t-1}] · Dt
    for i ∈ 1 .. Ni
        vez ← md(1) ≤ pV_i
        likv ← 2 · xp_{i,t-1}
        mgf ← (B4 Ry_t - sp_{t-1}) / (B4 Ry_{t+1})
        rst ← | k_e · mgf · likv · Dt if mgf < 0
              | k_e · mgf · xin_{i,t-1} · Dt otherwise
        vgr ← | -nkr · xin_{i,t-1} if -vez · (rst > 0)
              | rst otherwise
        xp_{i,t} ← | 0 if xp_{i,t-1} ≤ 0.5
  
```

Рис. 1. Базова робоча модель системи «N виробників, один продукт»

продукту; xin_i — об'єм інвестицій; $Su = \sum K_{j,t}$ — сумарний об'єм темпу заповнення ринку; $xp_{i,t-1}$ — темп випуску в попередній рік; Xtr — бажаний темп. Ry_{t-1} — об'єм ринку за попередній період; sp_{t-1} — сумарне виробництво за попередній період. Параметри kin_i , din_i мають інтерпретацію «посилення» і «демпфування».

Модель динаміки багатопродуктової системи

На рис. 2 подана головна частина програми моделювання. У цій моделі введений додатковий рівень — розподіл ресурсів на розвиток кожним елементом системи між продуктами. Відкрита модульна структура робочої моделі дозволяє порівняно просто уточнювати і розширювати модель: вводити виробничі зв'язки елементів, враховувати логістичні витрати і регіональну спеціалізацію і лаговий характер віддачі інвестицій. Ця базова модель теж є першоджерелом групи моделей даного класу. Важливе призначення наведених програм — система рівнянь динаміки, яку можна вільно модифікувати, тобто це інтерфейс для аналітика і конструктора моделей.

В підсумку — упорядкована система моделей від повністю імітаційної до повністю агрегованої. Перше призначення такої системи моделей — взаємоконтроль при створенні нових моделей для нових задач.

Модель динаміки однопродуктової системи

На рис. 1 подана головна частина програми моделювання. Це фактично система рівнянь динаміки процесу.

У цих рівняннях xp_i — поточний темп виробництва i -го елемента розподіленої системи; k_i — показник ефективності розвитку; R_t — поточний розмір ринку

```

for t ∈ 1 .. Tm
    for i ∈ 1 .. N
        Dxi_{i,t} ← ∑_{j=1}^M (Xt)_{i,j}
        for j ∈ 1 .. M
            Sjs_{j,t} ← ∑_{q=1}^N (Xt)_{q,j}
            xs_{i,j} ← xs_{i,j} · α + (Xt)_{i,j} · (1 - α)
            Δxs_{i,j} ← xs_{i,j} - xs2_{i,j}
            ds_{i,j} ← ds_{i,j} · β + Δxs_{i,j} · (1 - β)
            efp_{i,j} ← a1 · xs_{i,j} + a2 · ds_{i,j}
            Inv_{i,j} ← Dxi_{i,t} · rφ_{i,j}
            ΔXi_{i,j} ← [efp_j[(Xt)_{i,j}] · ( (Rnk_j - Sjs_{j,t}) / Rnk_j ) · Inv_{i,j}] · krc
            xax_{i,j} ← (Xt)_{i,j} + ΔXi_{i,j}
  
```

Рис. 2. Базова робоча модель системи «N виробників, M продуктів»

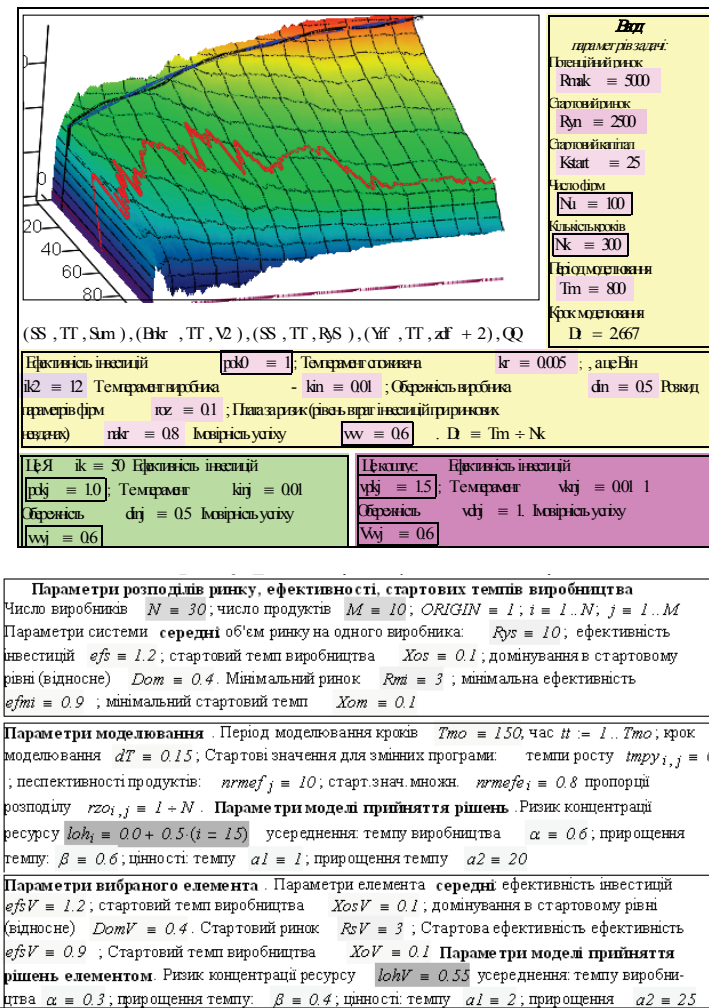


Рис. 4. Базовий інтерфейс для системи «N виробників, M продуктів»

побудови інтерфейсів для інших задач, наприклад, «моделювання двох елементів, що займають одну ринкову нішу в активному середовищі повної системи виробників». За наслідками аналізу такої локальної конкуренції можуть бути прораховані оцінки для альтернативних рішень: злиття з конкурентом, витіснення конкурента, вибір іншої ринкової ніші, конкурентна боротьба до повного взаємного виснаження.

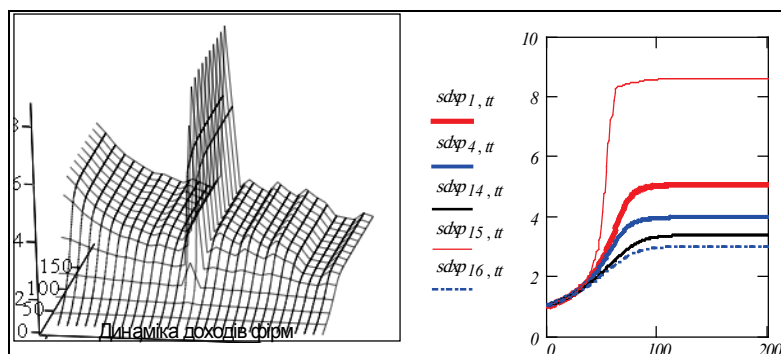


Рис. 5. Приклад моделювання системи «N виробників, M продуктів»

На рис. 5 показано дві реалізації процесу розвитку системи «30 виробників, 10 видів продуктів». Сценарій моделювання: всі елементи ранжовані за ефективністю інвестицій і застосовують детермінований пропорційний розподіл ресурсів на розвиток виробництв окремих продуктів, а виділений елемент має 15-й ранг по ефективності, але використовує ризикове управління з «лотерей-

Інтерфейси базових моделей

Метод оцінки ризиків і пошуку ефективних управлінь шляхом імітаційного моделювання має декілька рівнів завдань аналізу і відповідних інтерфейсів. На рис. 3—5 подані базові інтерфейси для двох імітаційних моделей — «N виробників, один (агрегований) продукт», «N виробників, M продуктів, один (агрегований) споживач».

На рис. 3. Подано приклад моделювання розвитку системи «150 виробників, 1 агрегований продукт, 1 агрегований споживач».

На графіку побудована послідовність рангових розподілів виробників на кожному кроці процесу і на цьому «фоні» побудовані траєкторії зміни рангу вибраних виробників, наприклад «Я і лідер», «Я і найближчий конкурент». Виконавши 100...1000 прогонів програми моделювання, можемо отримати статистику і об'єктивні оцінки ризиків. Корисність такого аналізу віртуальної реальності для практики залежить від якості процедур ідентифікації параметрів системи виробників.

Введення параметрів елементів розділяється на дві частини: введення параметрів виділених елементів і введення параметрів решти всіх елементів системи. Термін «базовий» означає можливість

Результати моделювання

Адекватні реальності і обчислювально ефективні моделі виявилися генераторами нових результатів, для деяких з них знайдені відповідності в статистичних даних або теоретичне пояснення. Деякі з отриманих результатів, можливо, ніколи не виникнуть в реальних умовах, проте корисні для розуміння суті поведінки великих розподілених бізнес-систем, саме як цілісних систем із стійкими системними закономірностями.

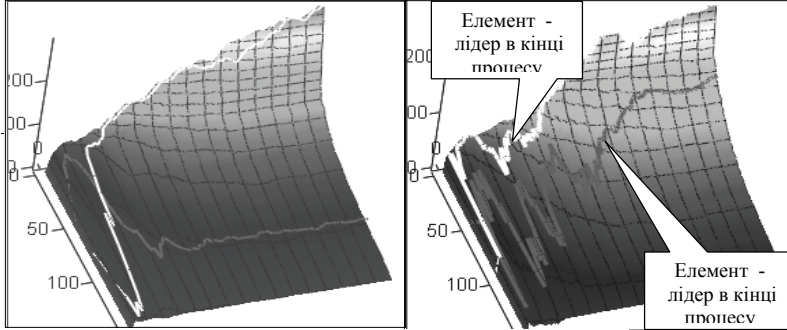


Рис. 6. Реалізації процесу розвитку системи «150 елементів, один продукт»

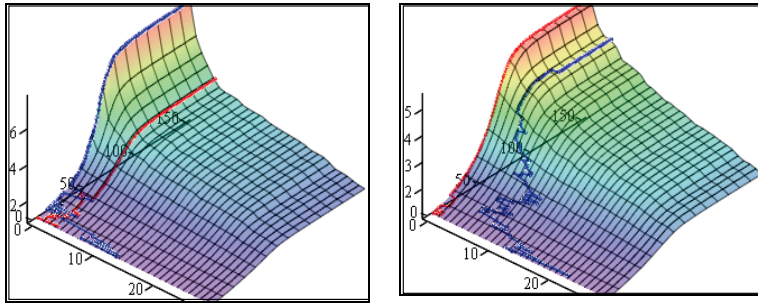


Рис. 7. Реалізації процесу розвитку системи «30 елементів, 10 продуктів»

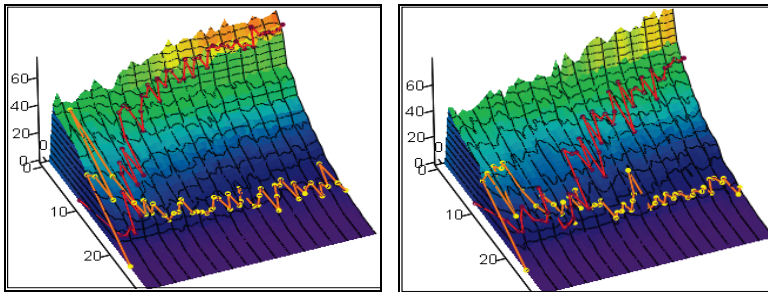


Рис. 8. Реалізації процесу у в системі «4 виробники, 50 продуктів, 500 споживачів»

ним» розподілом ресурсу.

На рис. 6 показано дві реалізації випадкового процесу розвитку системи « N виробників, один продукт», на рис. 7 — дві реалізації випадкового процесу розвитку системи « N виробників, M продуктів», на рис. 8 — дві реалізації випадкового процесу розвитку системи « M продуктів лінійки, K споживачів». На рис. 6 і 7 подані траєкторії розвитку двох виробників, на рис. 8 — траєкторії розвитку двох продуктів деякої продуктової лінійки з урахуванням «навчання» споживачів. Можемо бачити застосування однієї технології моделювання і подання результатів для певного широкого класу задач: для двох виділених елементів будеться траєкторія їх розвитку не поверхні, утвореній послідовністю рангових розподілів елементів системи за показниками типу «темپ доходу» або «темپ прибутку».

На рис. 9 подано приклад першого етапу дослідження впливу запізнювання прийняття і реалізації рішень елементами системи «100 елементів, один продукт».

Графіки на рис. 9 не є одкровенням для фахівця в теорії управління: для імпульсних систем звичайно існує оптимальний крок квантування за часом. Бачимо, що траєкторія розвитку і кінцевий рейтинг виділеного елемента мають великий розкид. Бачимо, що і великі, і малі запізнювання

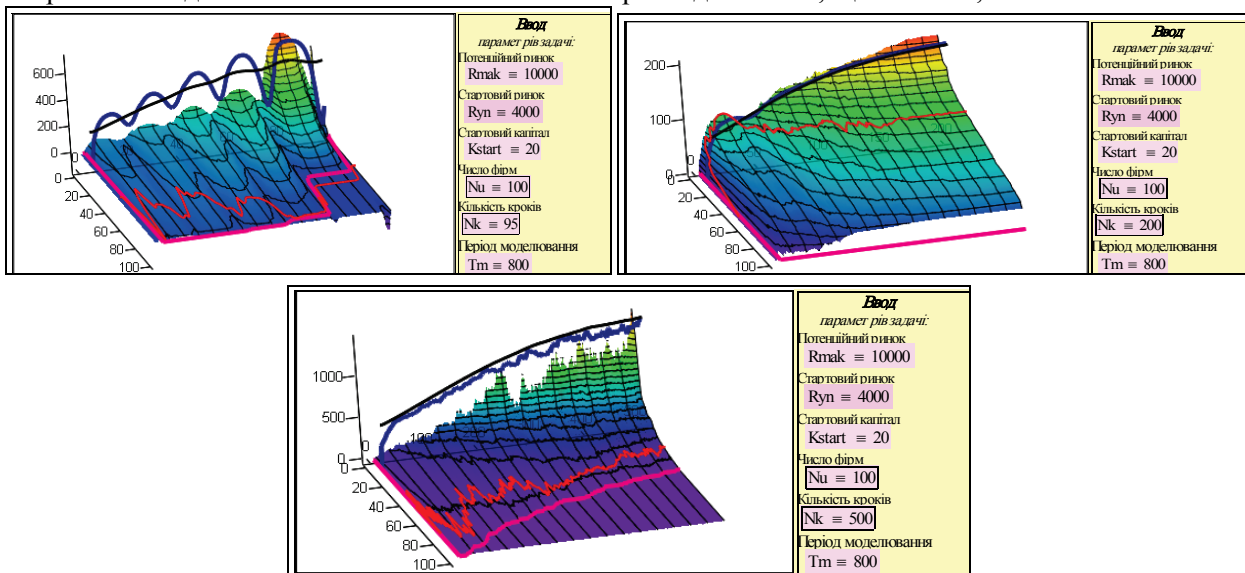


Рис. 9. Моделювання процесу розвитку системи виробників. Варіація запізнювання

в прийнятті і реалізації управлінських рішень породжують нестійкість економіки галузі: великий крок — коливальна нестійкість, дуже малий крок — моментальна ажіотажна чи панічна реакція учасників «породжує важкі проблеми глобалізованого виробництва».

Нові реальності вимагають нових, «стерескопічних» точок зору. Наприклад, слід звикати до сис-

темних закономірностей в проєкціях «темпи виробництва елементів» і «поточні ранги елементів». На рис. 10 подано дві проєкції процесу в системі «100 виробників, один продукт». В першій проєкції бачимо рангову динаміку двох вибраних виробників, в другій проєкції — динаміку темпів виробництва «на фоні» процесів розвитку системи в цілому.

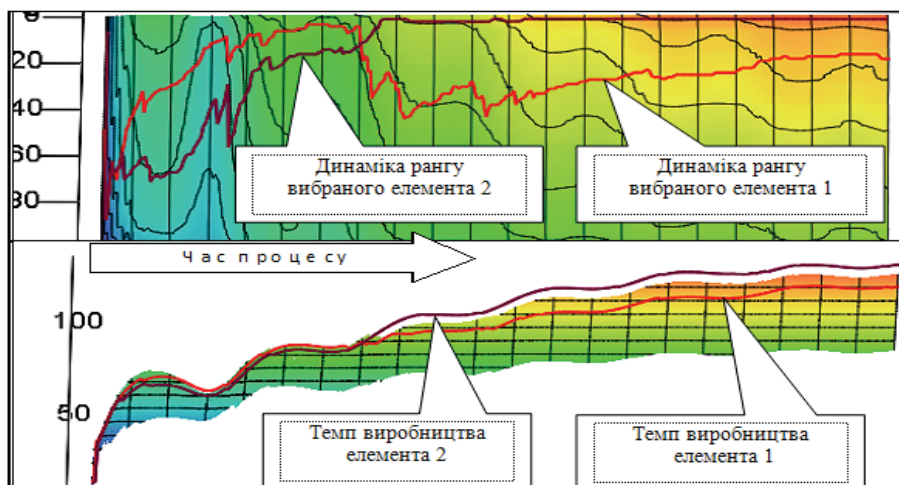


Рис. 10. Дві проєкції процесу у в системі «1 продукт, 1 споживач, 100 виробників»

На рис. 11, 12 подано тестовий приклад — *віртуальна статистика* для задачі розподілу ринків програмного забезпечення між трьома виробниками, згідно з такою достатньо правдоподібною «казкою»: Google, Yahoo! і Microsoft ділять ринок продуктів трьох класів «бізнес-аналітика», «пошукові роботи», «онлайн-офіс». Обсяг вибірки — 10000 прогонів програми, що абсолютно неможливо для реальних систем. Параметри функцій взяті правдоподібно, згідно оцінкам комп'ютерної преси. Сценарій моделювання включав оцінку впливу появи на ринку четвертого учасника. Отримані результати правдоподібні, вони відповідають даним по динаміці Інтернет-бізнесу за останні 10 років. Проаналізуємо отримані результати. Усталені середні значення об'ємів виробництва малоінформативні, тому що частотні розподіли мають складну структуру:

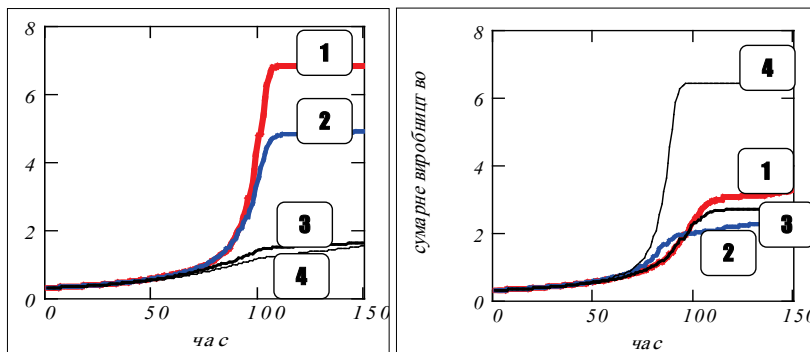


Рис. 11. Дві реалізації процесу розподілу ринків нових продуктів в системі «4 виробника, 3 продукти»

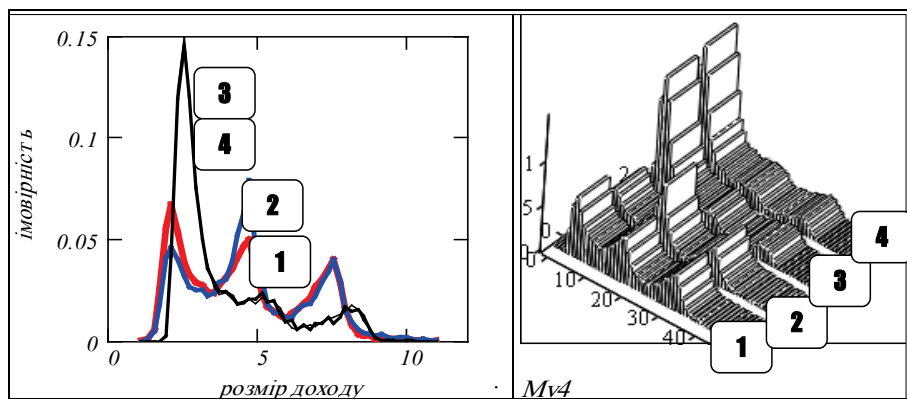


Рис. 12. Частотні розподіли прибутків системи «4 виробника, 3 продукти»

- розподіл у лідера має три приблизно однакових максимума (моди);
- розподіл в другого за продуктивністю теж має три моди, одна з яких домінує, тобто для середнього за продуктивністю виробника найбільш вірогідним кінцевим станом є друга позиція — домінування на ринку другого за обсягом попиту продукту;

– розподіл в останнього за рангом виробника має дві моди на границях діапазону, фактично останній за продуктивністю має дві стійкі альтернативи: або лідер, або аутсайдер.

На рис. 12 частотні розподіли доходів подані в двох формах — на звичайному і тривимірному графіках. Номери виробників відповідають їх рангам за продуктивністю.

Таким чином, зв'язки елементів через ресурси, істотні нелінійності і нестационарність породжують складну структуру поведінки розподілених систем вже у випадку трьох виробників і трьох продуктів. Моделюванням фактично підтверджено положення Форрестера, «Використовуючи модель складної системи, можна дізнатися більше про внутрішні взаємодії, ніж експериментуючи з реальною системою» [4].

Висновки

Розроблена система моделей розподілених систем з різними рівнями агрегації. Розроблені сервісні модулі для інтерфейсів, незначна частина яких подана в цій роботі. Програми обчислювально ефективні і дозволяють набирати віртуальну статистику на великих вибірках (1000...10000 реалізацій). Статистика розподілених децентралізованих систем не тільки не укладається в гаусівську статистику, а ще і структурно нестійка до малих змін конфігурації системи. Сьогодні розуміння суті децентралізованих систем відстає від ресурсних можливостей управління, в цьому плані пропонується система корисна для безпечного вивчення властивостей реальних великих систем.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Аакер Д. А. Бизнес-стратегия: от изучения рыночной среды до выработки беспроигрышных решений / Д. А. Аакер. — М.: Эксмо, 2007. — 464 с. — ISBN 978-5-699-22614-6.
2. Нэгл Т. Т. Стратегия и тактика ценообразования. Руководство для принятия решений приносящих прибыль / Т. Т. Нэгл, Р. К. Холден. — М.: Питер, 2001. — 375 с. — ISBN 5-318-00029-0.
3. Райс Э., Маркетинговые войны / Э. Райс, Дж. Траут. — Санкт-Петербург: Питер, 2000. — 256 с. — ISBN 5-272-00100-1.
4. Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия (пер. с англ.) / Дж. Форрестер. — М.: Прогресс, 1971. — 340 с.
5. Боровська Т. М. Оптимізація розподілу обмеженого ресурсу у виробничій системі на базі агрегування виробничих функцій / Т. М. Боровська, І. С. Колесник, В. А. Северілов // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. — 2005. — № 1. — С. 12—18.
6. Боровська Т. М. Моделювання та оптимізація у менеджменті. Навчальний посібник / Т. М. Боровська, В. А. Северілов, С. П. Бадьора, І. С. Колесник. — Вінниця: Універсум-Вінниця, 2006. — 145 с.
7. Боровська Т. М. Оптимізація розподілу обмеженого ресурсу у виробничій системі на базі агрегування виробничих функцій / Т. М. Боровська, І. С. Колесник, В. А. Северілов // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія — 2005. — № 1 — С. 12—18.

Рекомендована кафедрою комп'ютерних систем управління

Надійшла до редакції 08.09.08
Рекомендована до друку 20.10.08

Боровська Таїсія Миколаївна — доцент кафедри комп'ютерних систем управління; **Колесник Ірина Сергіївна** — старший викладач кафедри обчислювальної техніки.

Вінницький національний технічний університет;

Северілов Віктор Андрійович — доцент кафедри інформаційних технологій.

Вінницький соціально-економічний інститут