

## МОДЕЛИРОВАНИЕ БИЗНЕС-ЕДИНИЦЫ "НА ФОНЕ" СИСТЕМЫ БИЗНЕС-ЕДИНИЦ СЕГМЕНТА РЫНКА

*Тауса Боровская<sup>1</sup>, Виктор Северилов<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Винницкий национальный технический университет  
Хмельницкое шоссе, 95, Винница, 21021, Украина, тел.: (0432) 26-49-09,  
E-Mail: valeriy@svitonline.com

<sup>2</sup>Винницкий социально-экономический институт ВМУРЛ «Украина»  
ул. Фрунзе, 4, Винница, Украина, тел.: (0432) 52-21-96, E-Mail: ps@glider.vinnica.ua

### Аннотация

Прогнозирование развития бизнес-элемента некоторой бизнес-системы – регионального или отраслевого сегмента рынка - всегда было актуальным. Глобализация, информатизация, ускорение развития науки и техники усложнили задачу прогнозирования и одновременно создали новые возможности разработки и реализации эффективных программ имитационного моделирования. Разработана модель, где имитируется поведение каждого элемента на основе идентифицированных параметров. Для выделенного элемента организуется поиск оптимальных стратегий управления с учётом случайных факторов поведения каждого элемента системы. Для реализации такого подхода разработаны: рациональные модели поведения элементов, средства управления вычислительными экспериментами и отображения состояния системы в целом и отдельных элементов. При моделировании получены результаты, объясняющие факты реальности, в частности, необходимость разных стратегий для растущих и сужающихся рынков.

### Введение

Имитационное моделирование считалось "последним средством", "грубым силовым приёмом" в ситуациях, когда применение аналитических методов невозможно. Термин "последнее средство" отнюдь не означает простоты применения и корректности результатов имитационного моделирования. Если преодолеть достаточно длинную цепочку больших и малых проблем, то имитационное моделирование действительно будет "последним средством" - истиной в последней инстанции, эталоном не только для других моделей и методов, но и для самой реальности.

Главное назначение имитационных моделей – **активное прогнозирование**, - поиск не наблюдавшихся в реальной экономике, редких, но желательных (для заказчика исследований на моделях) процессов развития, и тщательная инвентаризация многочисленных, но пока не наблюдавшихся, катастрофических вариантов развития. В бизнесе можно выделить минимум три класса объектов – "производители", "продукты", "потребители".

Естественный результат инновационного характера развития и ускорения технического прогресса - появление большого количества принципиально новых продуктов и новых, незнакомых потребителю производителей. Это явление называется "рынки с асимметричной информационной структурой". Неполнота информации у потребителя о продукте и производителе порождает комплекс явлений, которые пока не нашли отражения в математических моделях, хотя на практике они существуют изначально. Это имитация продукта («бренда») с гарантированным качеством, это просто заполнение рынка массовой дешёвой версией. Некачественные продукты не только вытесняют из рынка качественные, но и подрывают доверие покупателя к данному классу продуктов и "убивают" сегмент рынка. Деревянные помидоры подрывают рынок помидоров вообще, это справедливо и для рынков акций или высшего образования. Последние обвалы мировых финансовых рынков были вызваны не столько терактами, сколько „мыльными пузырями” в секторах Интернет бизнеса и высокотехнологических производств. Поэтому для каждого сегмента рынка необходимы модели с множествами продавцов, продуктов и потребителей, на базе новых моделей спроса и обучения. В этом плане Интернет имеет неограниченные возможности, как оптимизации, так и разрушения рынков.

### Постановка проблемы

Сегодня центральная проблема для производственных систем – поиск и реализация стратегического управления ориентированного на рынок, точнее, - на потребителя. Осложнение проблемы – децентрализация и динамичность структур современных производственных систем. Глобализация жестко обуславливает необходимость именно оптимального управления. Большинство задач оптимального управления производственными системами сводятся к распределению обобщенных ресурсов между отдельными продуктами, рынками, производственными элементами, направлениями развития. Еще больше осложняет проблему необходимость в оценках рисков отдельной организации учитывать не только свои успехи и ошибки, но и действия конкурентов. Традиционные статистические методы являются аб-

солютно непригодными для оценки рисков развития не только потому, что проблематично получать корректную статистику, но и потому, что распределения вероятностей для отдельного элемента имеют сложный, полимодальный и неустойчивый характер.

### Анализ последних исследований и публикаций

В доступной современной литературе не найдено близких аналогов предложенных моделей. Практические аспекты методологии конструирования рабочих моделей для процессов развития производственных систем рассмотрены в [3-5]. Теоретическая основа разработки – модели коллективного поведения и теория ансамблей динамических систем.

**Цель работы** – разработка теоретических основ и рабочих моделей для прямой оценки рисков инвестиций в развитие отдельного производственного элемента системы производителей определенного сегмента рынка.

**Путь решения проблемы.** Возможности современных персональных компьютеров позволяют моделировать систему производителей определенного сегмента рынка и так набирать статистику на виртуальной реальности, при условии «снятия» проблем размерности оптимизационных задач распределения ресурсов каждым участником. Оптимальное управление – обычно неизвестный и недостижимый идеал для производителя, - делаем базисом модели поведения конкретного производителя. Введением параметров неопределенности информации, отсутствия определенных знаний и др. мы легко можем имитировать реальные процессы управления. Одновременно имеем эталон для сравнения показателей функционирования элемента с «идеалом».

### Базовая модель задачи развития

В качестве надежного математического фундамента для оптимизации выбран **метод оптимального агрегирования** [3-5], который трансформирует оптимизационную задачу нелинейного программирования в простую алгебраическую задачу с полноценной алгеброй. Радикальные преимущества метода – объем вычислений растет ростом размерности задачи только **линейно, а не экспоненциально**, отсутствуют ограничения на вид целевых функций и функций ограничений. Метод оптимального агрегирования позволяет заменять многомерные системы **эквивалентной оптимальной одномерной системой**. В итоге метод оптимального агрегирования изменяет структуру моделей оптимального управления процессами развития и порождает новые технологии конструирования моделей.

**Подход на базе оптимального агрегирования** позволяет создавать комплексные математические модели для современных распределенных систем класса "N производителей, M продуктов определенного класса, K потребителей". Сначала создается модель с имитацией поведения каждого производителя, каждого потребителя, в первую очередь – с имитацией обучения производителей и потребителей. После анализа и накопления виртуальной статистики создается агрегированная модель. Потом, при совершенствовании и модификации агрегированная и распределенная модели взаимно контролируют корректность результатов.

Необходимо условие адекватности модели развития системы производителей – отображение процессов инвестирования, освоения производства в формирование спроса. Задача агрегирования портфеля продуктов, которые выпускает определенный производитель, может быть разделена на две задачи:

- задача агрегирования продуктов широкого сегмента рынка;
- задача агрегирования узкого сегмента рынка, где продукты почти одинаковы по назначению и позиционируются только по цене. Четких границ между этими задачами не существуют, примером могут быть «портативные информационные машины»: компьютеры с функциями мобильной связи и мобильные телефоны с функциями компьютера. Такие модели построены, и они позволяют построить упрощенные, но достаточно адекватные модели класса «N производителей, один агрегированный продукт»

Построение эффективных имитационных моделей больших распределенных систем не есть просто декларацией и пожеланием: построена серия моделей для оценки рисков и поиска стратегий управления, минимизирующих риски. На рис. 1 представлен пример моделирования развития системы "150 производителей, 1 агрегированный продукт, 1 агрегированный потребитель". На графике представлена последовательность ранговых распределений производителей определенного сегмента рынка на каждом шаге процесса, и на этом "фоне" представлены траектории изменения ранга выбранных производителей, например "Я и лидер", "Я и ближайший конкурент". Выполнив 100-1000 прогонов программы моделирования, можем получить статистику и объективные оценки рисков. Полезность такого анализа виртуальной реальности для практики зависит от качества процедур идентификации параметров системы производителей.

Основа программ моделирования распределенных систем – система уравнений динамики процесса

$$\left. \begin{aligned} R_{y_t} &= R_{y_{t-1}} + \left[ k_r \cdot \left( \frac{R_{mak} - s_{xp_{t-1}}}{R_{mak}} \right) \cdot s_{xp_{t-1}} \right] \cdot Dt \\ x_{p_{i,t}} &= x_{p_{i,t-1}} + \left[ k_i \cdot \left( \frac{R_{y_t} - s_{xp_{t-1}}}{R_{y_t}} \right) \cdot x_{in_i} \cdot V_{ygr}(r) \right] \cdot Dt \\ x_{in_{i,t}} &= x_{in_{i,t-1}} + k_{in_i} \cdot (D_{xp} - d_{in_i} x_{in_{i,t-1}}) \cdot Dt \\ D_{xp} &= x_{ptr} - x_{p_{i,t-1}} \\ x_{ptr} &= R_{y_{t-1}} \cdot \frac{x_{p_{i,t}} + x_{p_{i,t-1}} + x_{p_{i,t-2}}}{3 \cdot s_{xp_{t-1}} + 1} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

В этих уравнениях  $x_{p_i}$  - текущий темп "производства  $i$ -го элемента распределенной системы;  $k_i$  - показатель эффективности развития;  $R_t$  - текущий размер рынка продукта;  $x_{in_i}$  - объем инвестиций;  $S_u = \sum K_{j,t}$  - суммарный объем темпа заполнения рынка;  $x_{p_{i,t-1}}$  - темп выпуска в предыдущий год;  $X_{tr}$  - желаемый темп.

$R_{y_{t-1}}$  - объем рынка за предыдущий период;  $s_{xp_{t-1}}$  - суммарное производство за предыдущий период. Параметры  $k_{in_i}, d_{in_i}$  имеют интерпретацию "усиления" и "демпфирование". Анализ данных виртуальной статистики позволил получить новые знания о свойствах процессов и предложить итеративную схему идентификации распределений вероятностей определенных показателей деятельности отдельного производителя.

### Интерфейсы базовых моделей

Метод оценки рисков и поиска эффективных управлений путём имитационного моделирования имеет несколько уровней задач анализа и соответствующих интерфейсов. На рисунках 1, 2 представлены базовые интерфейсы для двух имитационных моделей – "N производителей, один (агрегированный) продукт", "N производителей, M продуктов, один (агрегированный) потребитель".

Ввод параметров элементов разделяется на две части – ввод параметров выделенных элементов и ввод параметров всех остальных элементов системы. Термин "базовый" означает возможности построения интерфейсов для других задач, например, "моделирование двух элементов, занимающих одну рыночную нишу, на фоне всей системы". По результатам анализа такой локальной конкуренции могут быть просчитаны оценки для альтернативных решений: слияние с конкурентом, вытеснение конкурента, выбор другой рыночной ниши, конкурентная борьба до полного взаимного истощения.

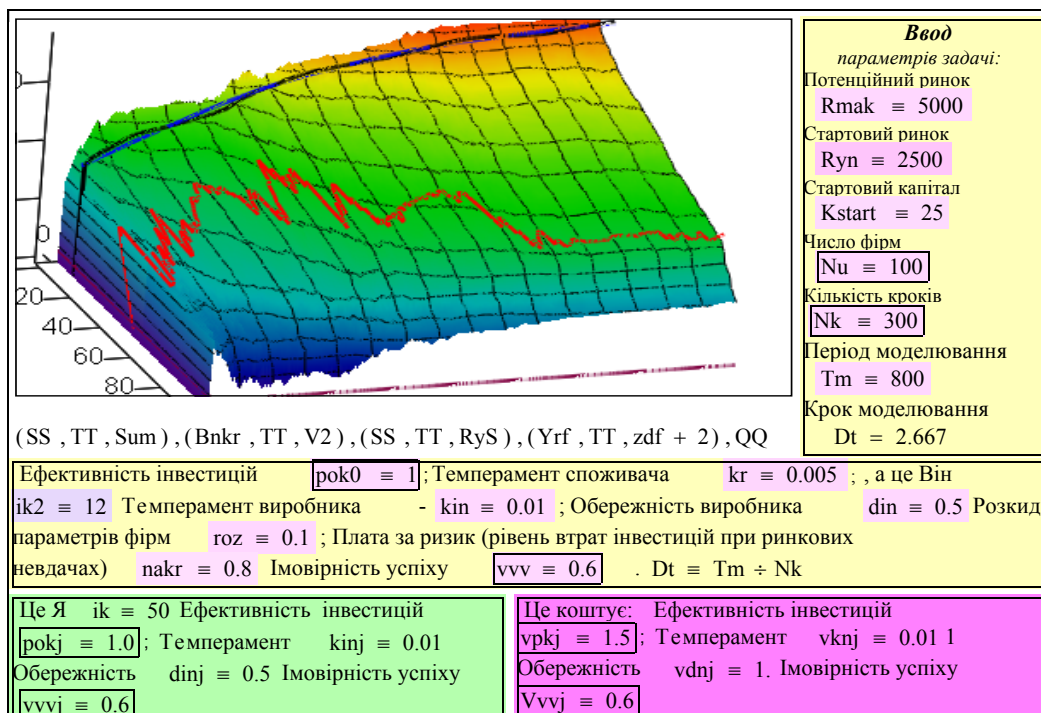


Рис.1. Базовый интерфейс для задачи моделирования системы "N производителей, один продукт"

|                                                                                                   |                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| <b>Параметри розподілів ринку, ефективності, стартових темпів виробництва</b>                     |                                                                        |
| Число виробників                                                                                  | $N \equiv 30$ ; число продуктів                                        |
| $M \equiv 10$ ; $ORIGIN \equiv 1$ ; $i \equiv 1..N$ ; $j \equiv 1..M$                             |                                                                        |
| <b>Параметри системи середні</b> : об'єм ринку на одного виробника:                               |                                                                        |
| $Rys \equiv 10$ ; ефективність інвестицій                                                         | $efs \equiv 1.2$ ; стартовий темп виробництва                          |
| $Xos \equiv 0.1$ ; домінування в стартовому рівні (відносне)                                      | $Dom \equiv 0.4$ . Мінімальний ринок                                   |
| $Rmi \equiv 3$ ; мінімальна ефективність                                                          | $efmi \equiv 0.9$ ; мінімальний стартовий темп                         |
| $Xom \equiv 0.1$                                                                                  |                                                                        |
| <b>Параметри моделювання</b> . Період моделювання кроків                                          |                                                                        |
| $Tmo \equiv 150$ ; час $tt := 1..Tmo$ ; крок моделювання                                          | $dT \equiv 0.15$ ; Стартові значення для змінних програми:             |
| темпи росту $tmp_{i,j} \equiv 0$ ; перспективності продуктів:                                     | $nrme_{fj} \equiv 10$ ; старт.знач.множн.                              |
| $nrme_{fi} \equiv 0.8$ пропорції розподілу                                                        | $rzo_{i,j} \equiv 1 \div N$ . <b>Параметри моделі прийняття рішень</b> |
| Ризик концентрації ресурсу                                                                        | $loh_i \equiv 0.0 + 0.5 \cdot (i = 15)$ усереднення: темпу виробництва |
| $\alpha \equiv 0.6$ ; прирощення темпу:                                                           | $\beta \equiv 0.6$ ; цінності: темпу                                   |
| $a1 \equiv 1$ ; прирощення темпу                                                                  | $a2 \equiv 20$                                                         |
| <b>Параметри вибраного елемента</b> . Параметри елемента <b>середні</b> : ефективність інвестицій |                                                                        |
| $efsV \equiv 1.2$ ; стартовий темп виробництва                                                    | $XosV \equiv 0.1$ ; домінування в стартовому рівні (відносне)          |
| $DomV \equiv 0.4$ . Стартовий ринок                                                               | $RsV \equiv 3$ ; Стартова ефективність ефективність                    |
| $efsV \equiv 0.9$ ; Стартовий темп виробництва                                                    | $XoV \equiv 0.1$ <b>Параметри моделі прийняття рішень елементом</b>    |
| Ризик концентрації ресурсу                                                                        | $lohV \equiv 0.55$ усереднення: темпу виробництва                      |
| $\alpha \equiv 0.3$ ; прирощення темпу:                                                           | $\beta \equiv 0.4$ ; цінності: темпу                                   |
| $a1 \equiv 2$ ; прирощення                                                                        | $a2 \equiv 25$                                                         |

Рис.2. Базовий інтерфейс для задачі моделювання системи "N виробників, M продуктів"

## Результати моделювання

Адекватність реальності і висхідно ефективні моделі виявилися генераторами нових результатів, для деяких з яких знайдені відповідності в статистичних даних, або теоретичне пояснення. Деякі з отриманих результатів, можливо, ніколи не виникнуть в реальних умовах, однак корисні для розуміння суті поведінки розподілених бізнес-систем, особливо як цілостних систем з стійкими системними закономірностями. На рис. 3 представлені дві реалізації випадкового процесу, коли вибраний елемент виявляється в останній і першій десятках з сотні учасників деякого сегмента ринку.

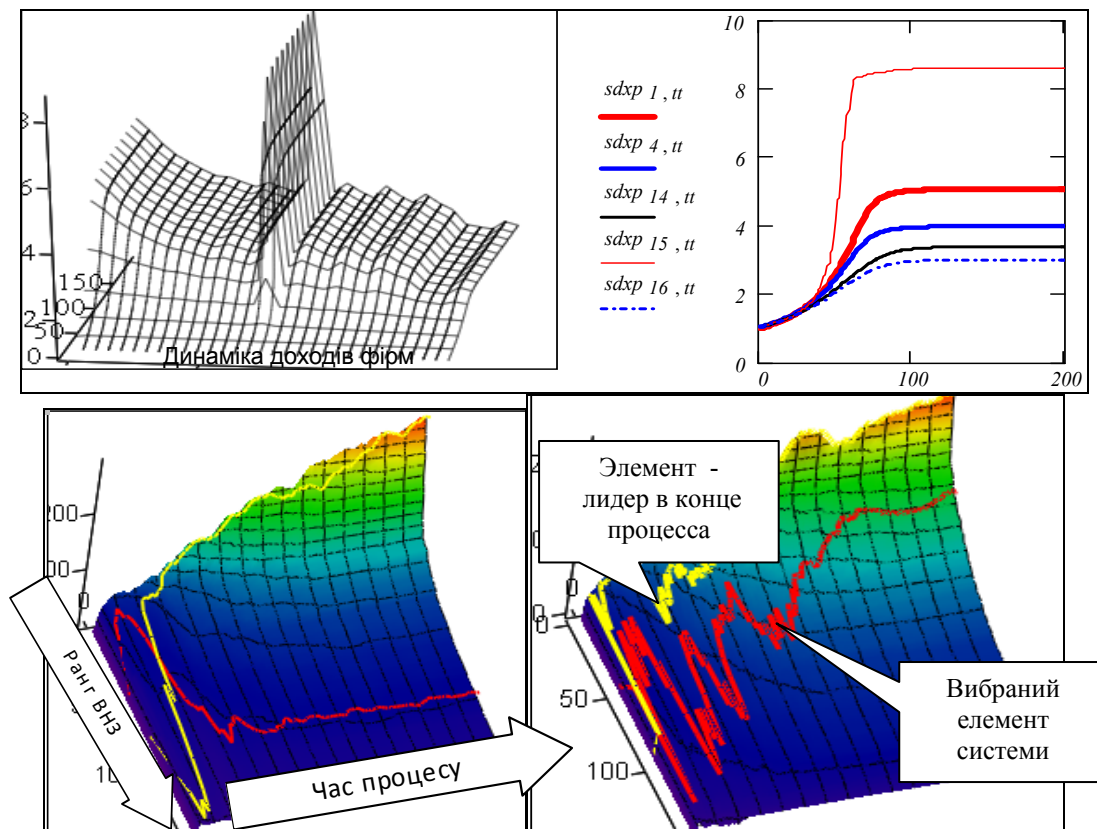


Рис.3. Дві реалізації процесу розвитку системи "150 елементів, 1 агрегированный продукт"

На рис. 4 представлены две реализации процесса развития системы "30 производителей, 10 видов продуктов". Сценарий моделирования: все элементы ранжированы по эффективности инвестиций и применяют детерминированное пропорциональное распределение ресурсов на развитие отдельных производств, а выделенный элемент имеет 15-й ранг по эффективности, но использует рискованное "лотерейное" управление с концентрацией ресурса. На рис. 5 представлены две реализации процесса перераспределения спроса на линейке продуктов.

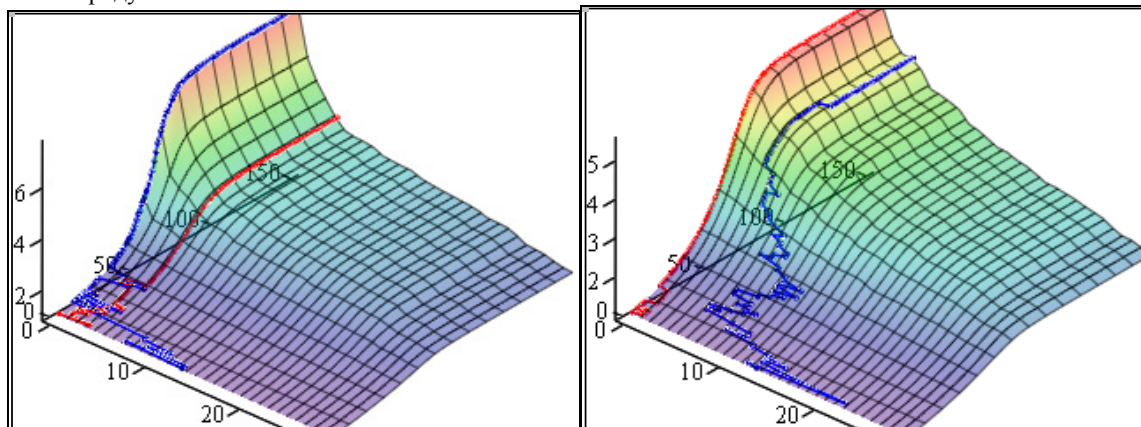


Рис.4. Две реализации процесса развития системы "30 элементов, 10 видов продуктов"

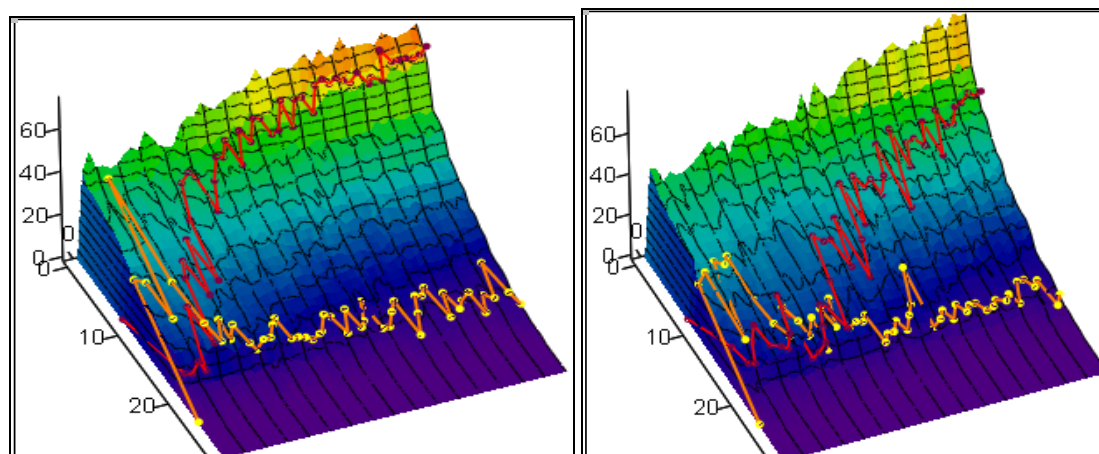


Рис.5. Две реализации процесса в системе "4 производителя, 50 продуктов, 500 потребителей"

Новые реальности требуют новых точек зрения. Например, следует привыкать к системным закономерностям в проекциях "темпы производства элементов", и "текущие ранги элементов". На рис. 6 представлены две проекции процесса в системе "1 продукт, 1 потребитель (агрегированные), 100 производителей".

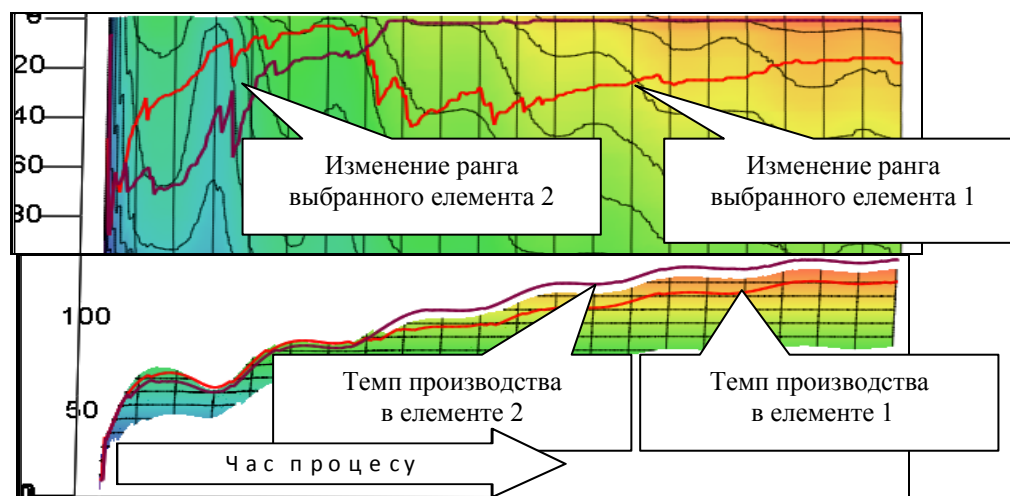


Рис.6. Две проекции процесса в системе "1 продукт, 1 потребитель (агрегированные), 100 производителей"

На рис. 7- 9, подан пример исследования влияния запаздывания принятия решений в бизнес-системе.

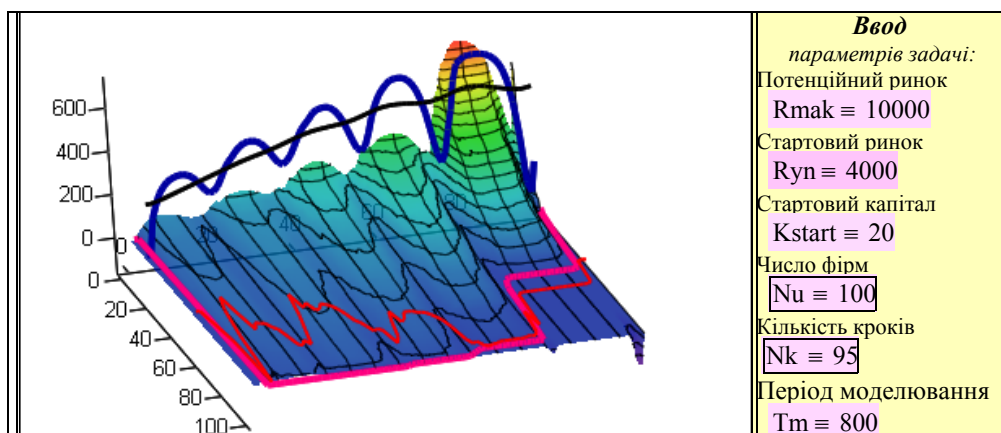


Рис. 7. Моделирование процесса развития системы производителей. Большое запаздывание

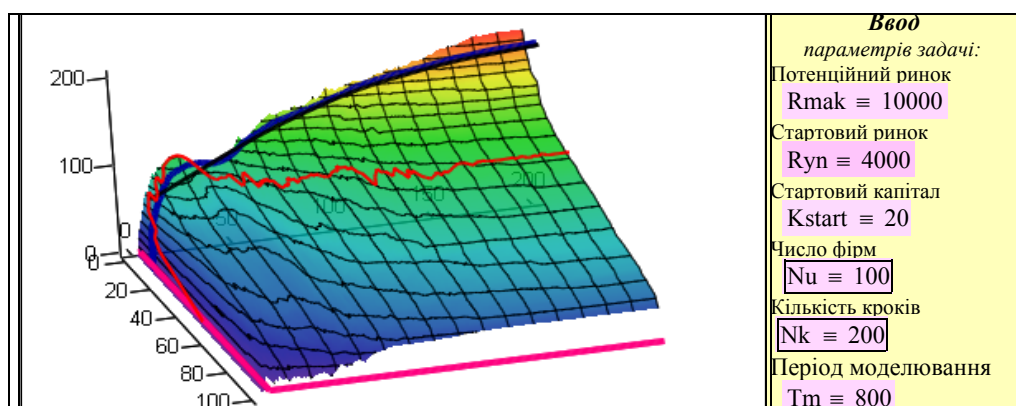


Рис. 8. Моделирование процесса развития системы производителей. Среднее запаздывание

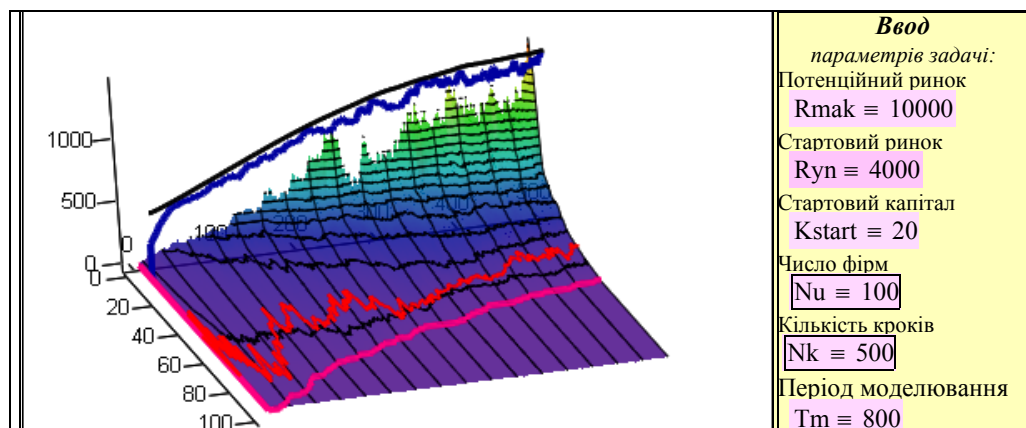


Рис. 9. Моделирование процесса развития системы производителей. Малое запаздывание решений

Графики на рис. 7 не являются откровением для специалиста в теории управления: для импульсных систем обычно существует оптимальный шаг квантования по времени. Видим, что траектория развития и конечный рейтинг выделенного элемента имеют большой разброс. Видим, что и большие и малые запаздывания в принятии управленческих решений порождают неустойчивость экономики отрасли: большой шаг – колебательная неустойчивость, малый шаг – большой процент банкротств, систему "трясёт".

На рис. 8 представлен тестовый пример – виртуальная статистика для задачи распределения рынков программного обеспечения по трем производителям, согласно такой "сказке": Google, Yahoo! и Microsoft делят рынок по продуктам классов "бизнес-аналитика", "поисковые роботы", "онлайн-офис". Объем выборки – 10.000 прогонов программы, что абсолютно невозможно для реальных систем. Параметры функций взяты правдоподобными согласно оценкам компьютерной прессы. Полученные результаты качественно правдоподобны, они отвечают данным по динамике Интернет-бизнеса за последние 10 лет. Проанализируем полученные результаты. Установившиеся средние значения объемов производства малоинформативны, потому что

частотные распределения имеют сложную структуру:

- распределение у лидера имеет три приблизительно одинаковых максимума (моды);
- распределение у второго элемента по производительности тоже имеет три моды, одна из которых доминирует, то есть для среднего по производительности элемента наиболее вероятным конечным состоянием является вторая позиция – доминирование на рынке по объему спроса второго продукта;
- распределение у последнего элемента по рангу имеет две моды на границах диапазона, фактически последний элемент по производительности имеет фактически две устойчивые альтернативы: лидер или аутсайдер.

Таким образом, связи элементов через ресурсы, существенные нелинейности и нестационарность порождают сложную структуру поведения распределенных систем уже в случае трех элементов. Моделированием фактически подтверждено положение Форрестера, "Используя модель сложной системы, можно узнать больше о внутренних взаимодействиях, чем при экспериментировании с реальной системой" [4].

На рис. 10 представлены частотное распределение прибыли для малого производителя (0.1 – 2% рынка), и три реализации частотного распределения для лидера рынка при малых изменениях параметров.

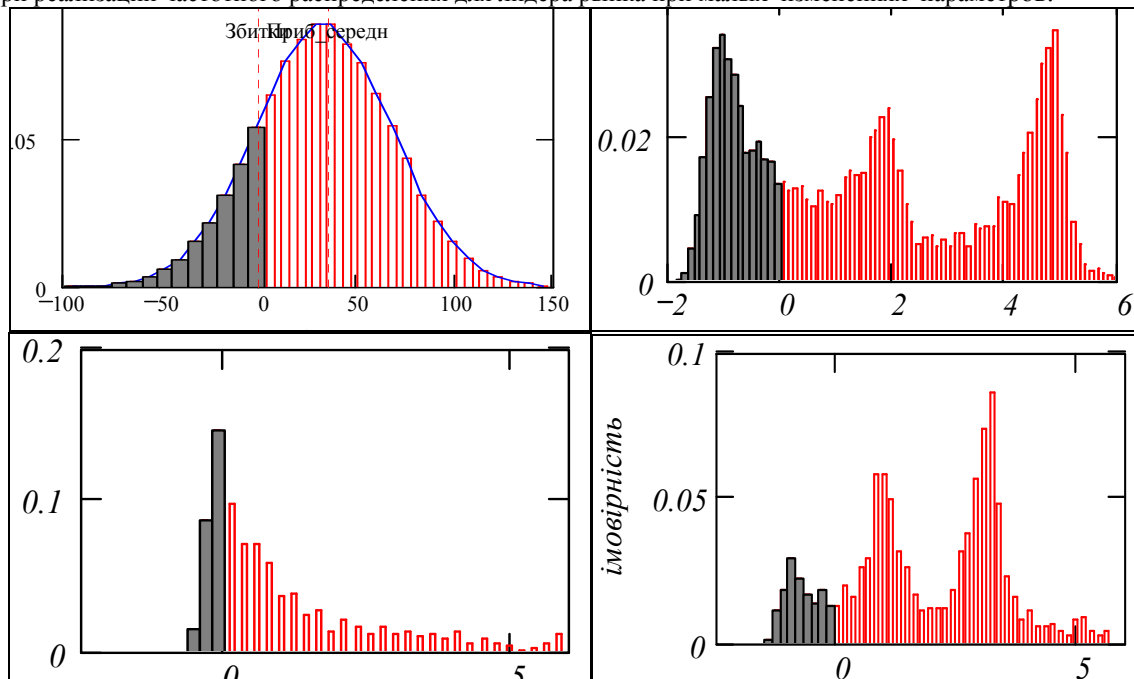


Рис. 10. Частотные распределения прибыли на базе имитационной и классической моделей системы

## Выводы

Разработана система моделей распределённых систем с различными уровнями агрегирования. Разработаны сервисные модули для интерфейсов, незначительная часть которых представлена в данной работе. Программы вычислительно эффективны и позволяют набирать виртуальную статистику на больших выборках (1000 – 10000 реализаций). Статистика распределённых децентрализованных систем не только не укладывается в гауссову статистику, а ещё и структурно неустойчива к малым изменениям конфигурации системы. На рис. 8 представлены три частотных распределения прибыли одного из элементов системы при вариации эффективности  $\pm 10\%$ .

Сегодня понимание сути децентрализованных систем отстаёт от ресурсных возможностей управления, в этом плане предлагаемая система полезна для безопасного освоения реальных больших систем.

## Литература:

- [1] Нэгл Томас Т. Стратегия и тактика ценообразования. Руководство для принятия решений приносящих прибыль. — М.: «Питер», 2001. — 375 с.
- [2] Дибб С., Симкин Л. Практическое руководство по сегментированию рынка. — Москва-Харьков: «Питер», 2001. — 231 с.
- [3] Райс Э., Траут Дж. Маркетинговые войны. — Санкт-Петербург: «Питер», 2000. — 256 с.
- [4] Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия (пер. с англ.). — М.: Прогресс, 1971. — 340 с.
- [5] Боровська Т. М., Колесник І. С., Северілов В. А. Основы кібернетики та дослідження операцій. Навчальний посібник. - Вінниця: ВДТУ, 2002.- 242 с.
- [6] Боровська Т. М., Колесник І. С., Северілов В. А. Спеціальні розділи вищої математики. Навчальний посібник. - Вінниця: ВДТУ, 2002.- 182 с.