

ДЕКОМПОЗИЦИОННЫЕ МЕТОДЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ РАБОЧИХ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕССОВ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ

Тауса Боровская

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

Аннотация

Современные бизнес-системы – распределённые, многопродуктовые. "Прямолинейное" применение математических методов синтеза оптимального управления развитием неэффективно из-за "проклятия размерности". Другая проблема – отсутствие новых моделей для новых задач. Бессмысленно применять линейное или квадратичное программирование для задач с невыпуклыми и негладкими функциями. Работа посвящена практическим результатам применения концепции "трёхмерной" декомпозиции – структурной, функциональной, редукционной. Разработана технология конструирования рабочих моделей распределённых систем класса "производители, продукты, потребители" характерных для Интернета. Введенные декомпозиции возникают естественным путём в реальных децентрализованных информационных и производственных системах. Рассмотрен пример результата, полученного на моделях – анализ возможностей рискованного управления распределением ресурсов по направлениям развития.

Постановка проблемы

Сегодняшний мир – совокупность материальных, информационных, финансовых, социальных сетей. В этом сетевом мире непрерывно создаются, распадаются, изменяют конфигурацию производственные, финансовые, информационные и социальные структуры. Эти изменения могут происходить стихийно, но в соответствии с некоторыми естественными механизмами, могут осуществляться сознательно, ответственными лицами, согласно противоестественным планам. В условиях глобализации главным инструментом прогнозирования и планирования являются рабочие (реализованные в программной среде) математические модели систем распределённых децентрализованных систем. Между порождёнными моделями миром виртуальной реальности и реальным миром устанавливаются необычные, обычно стихийные двусторонние связи. На разных уровнях возникло понятие "реальное будущее". Сегодня нужны методы и технологии, которые позволяют создавать новые модели для новых задач за 2-3 месяца, а не за 20-30 лет, хотя бы для того, чтобы моделированием оценить опасности всестороннего использования математических моделей. Эти методы и технологии, давно уже есть, нужно только быть в состоянии их применять. В частности, это работы Р.Беллмана [1,2].

Объекты работы – математические модели класса "N производителей, M продуктов, K потребителей" или кратко: MNK-системы. Модель имеет много интерпретаций в технике, экологии, бизнесе и программной индустрии. Рассматриваем далее общепонятную интерпретацию – бизнес-системы и модели бизнес-систем.

Цель работы – на примерах показать возможность оперативного создания рабочих моделей MNK-систем с помощью рациональных (таких что дают удовлетворительный результат при конечных затратах времени и ресурсов) технологий конструирования моделей. Построение математических моделей для сложных, открытых, развивающихся систем требует адекватной концепции декомпозиции. Этим требованиям отвечает подход на базе функциональной, структурной и редукционной декомпозиции, позволяющий упорядочивать множество альтернативных, функциональных, упрощённых моделей системы в виде некоторого трёхмерного морфологического ящика [3].

Функциональная декомпозиция – разбиение математической модели (ММ) на субмодели, которые имеют меньшее количество внутренних переменных при относительно небольшом количестве связей с другими субмоделями. Каждая из субмоделей отображает какую-то частичную функцию полной ММ

Редукционная декомпозиция – разбиение ММ системы на субмодели, которые принадлежат к одному структурному классу аппроксимационных моделей и отличаются значением параметра, который характеризует точность аппроксимации. Каждая из субмоделей отображает полную ММ системы, но с разной точностью.

Структурная декомпозиция – разбиение ММ системы на субмодели, которые принадлежат к разным структурным классам и являются эквивалентными относительно критериев точности отображения реального объекта. Каждая из этих ММ отображает все функции полной ММ.

Рациональная функциональная декомпозиция позволяет выделить типичные функциональные блоки нижнего уровня позволяет собирать функциональные блоки верхнего уровня из небольшого коли-

чества стандартных субблоков. В качестве таких стандартных блоков построения сложных программных систем создаются функции пользователя эффективно выполняющие некоторую критическую функцию, например модуль оптимального агрегирования, решает задачу нахождения оптимального распределения ресурсов для задач высокой размерности с чрезмерно (относительно других методов) высоким быстродействием [3-5]. Наблюдаемые структуры реальных систем являются результатом некоторых разнонаправленных процессов – выделения в "монокристаллической" системе специализированных подсистем и объединения некоторых несвязанных элементов в целостную систему.

Распределенные системы К-класса

Анализ информации относительно процессов развития определенных классов изделий, производств, систем управления предприятиями позволяет выделить класс распределенных систем разной природы – информационных, вычислительных, социо-техно-экономических, которые можно описать единой математической моделью "N элементов M задач". Поведение элемента описывается обобщенной вероятностной моделью роста с ограничением и вероятностной моделью локального управления распределением ресурса элемента между "производством" отдельных "продуктов".

Распределенные системы Д-класса

Изменение концепции оптимизации обуславливает концепции декомпозиции. Анализ реальных структур больших систем позволяет найти в них разбиения "целое → часть" трёх разных классов: структурных, функциональных и редукционных декомпозиций. Анализ текстов естественных и формальных языков как способов реализации "сообщений", "инструкций" позволяет выделить такие сценарии вхождения некоторого элемента текста "слова" в систему: "тема", "синоним", "дополнение". Особо следует выделить разбиение процессов во времени. С точки зрения управления многие методы оптимизации, стратегического управления являются декомпозициями сложной задачи управления в последовательность простых задач. В частности, разбиение процессов создания программ моделирования в последовательность этапов, на каждом из которых на основе предыдущей программы разрабатывается следующая более общая, точная и эффективная модель одного структурного класса соответствует редукционной декомпозиции.

Синтез декомпозиционных структур для систем К-класса и Д-класса

Объединим два эволюционных процесса структурной эволюции реальных систем и их моделей в одну схему (рис.1).

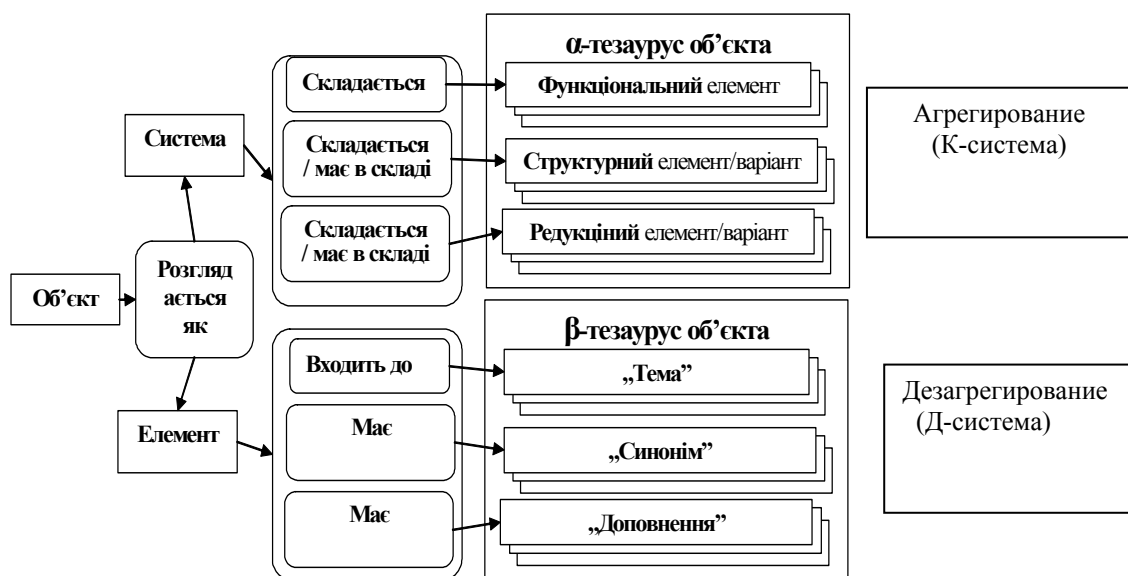


Рис.1. Схема процессов декомпозиции/композиции

Применение декомпозиционных методов при моделировании оптимальных процессов развития

Рассмотрим два конкретных примера задач, где используются концепции Д-систем и К-систем. На рис.2 представлена базовая модель оптимизации процесса развития производственной системы.

Сегодня только очень малая часть оптимизационных задач для реальных систем может быть решена аналитически. Это ограничение компенсируется расширением возможностей числовых методов. В

пакеты для моделирования встраиваются числовые методы оптимизации. Однако при этом не решается проблема "проклятия размерности". Банальная вариационная задача нахождения стратегии оптимального развития на пять лет с шагом управления один месяц, для производственной системы из семи производственных элементов не под силу даже для суперЭВМ (экстремум функции $7 \times 5 \times 12 = 420$ переменных).

1 Математическая модель задачи развития

Дано: динамика темпа производства: $\frac{d}{dt}x(t)_i = \text{fin}(x(t) \cdot u(t))$, где $0 \leq u(t) \leq 1$ - управление,

критерий оптимальности: $J_1 = \int_0^{T_p} x(t) \cdot (1 - u(t)) dt$

расширенная система уравнений:

$$\frac{d}{dt}x(t) = \text{fin}(x(t) \cdot u(t)) = f_x; \quad \frac{d}{dt}J_1(t) = x(t) \cdot (1 - u(t)) = f_j \quad (1)$$

Функция Гамильтона $H(x, u) = \sum \psi_i \cdot f_i = \psi_j \cdot f_j + \psi_x \cdot f_x$ (2)

Подставим (1) и (2): $H(x, u) = \psi_j \cdot [x(t) \cdot (1 - u(t))] + \psi_x \cdot \text{fin}(x(t) \cdot u(t))$ (3)

Уравнения для сопряжённых функций: $\frac{d}{dt}\psi_j(t) = -\frac{\partial}{\partial j}H(x, u); \quad \frac{d}{dt}\psi_x(t) = -\frac{\partial}{\partial x}H(x, u)$ (4)

Берём соответствующие частные производные от $H(x, u)$ и подставляем в (4).

Решаем дифуравнения: $\frac{d}{dt}\psi_j(t) = 0 \Rightarrow \psi_j(t) = \text{const} = 1$

$$\frac{d}{dt}\psi_x(t) = -\psi_j \cdot (1 - u) - \psi_x(t) \cdot u \cdot \frac{d}{dx}\text{fin}(x) = -\psi_x(t) \cdot u \cdot \frac{d}{dx}\text{fin}(u \cdot x) - (1 - u) \quad (5)$$

Подставим (5) в (2) и получаем (рабочее, дискретное) выражение для функции Гамильтона.

$$H(x_k, u_k) = x_k \cdot (1 - u_k) + F_r(x_k, u_k) \cdot \psi_n(x_k, u_k, dF_r, t) \text{ и } \dots$$

не пытаемся найти аналитические выражения для оптимальных управлений. Просто моделируем процесс развития и на каждом шаге процесса находим управления, дающие максимум функции Гамильтона.

Рис.2. Постановка и решение базовой вариационной задачи развития

Декомпозиционный подход (рис. 3, 4, 5) сводит эту задачу (рис. 1) к последовательности из $(7-1) + 5 \times 12 = 66$ задач одномерной оптимизации.

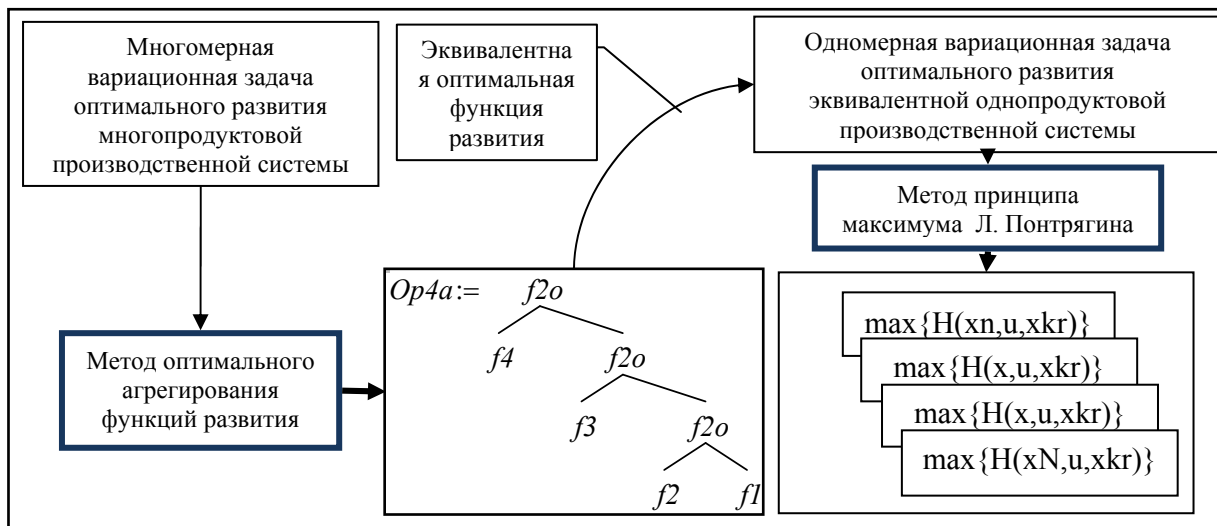


Рис.3. Декомпозиция задачи оптимизации и моделирования процесса развития

Главный момент в методе оптимального агрегирования и методе принципа максимума - некоторой функции, обычно двух переменных $F(\alpha, x)$ и определение на этой функции такой функции одной переменной $\max_{\alpha} F(\alpha, x)$. На рис. 6 представлены соответствующие графики для:

- задачи получения оптимальной производственной производственной функции;
- задачи нахождения оптимальной стратегии распределения ресурса между накоплением и развитием;

- задачи нахождения оптимальной ценовой стратегии – изменения цены во времени для производств с заметным эффектом освоения.

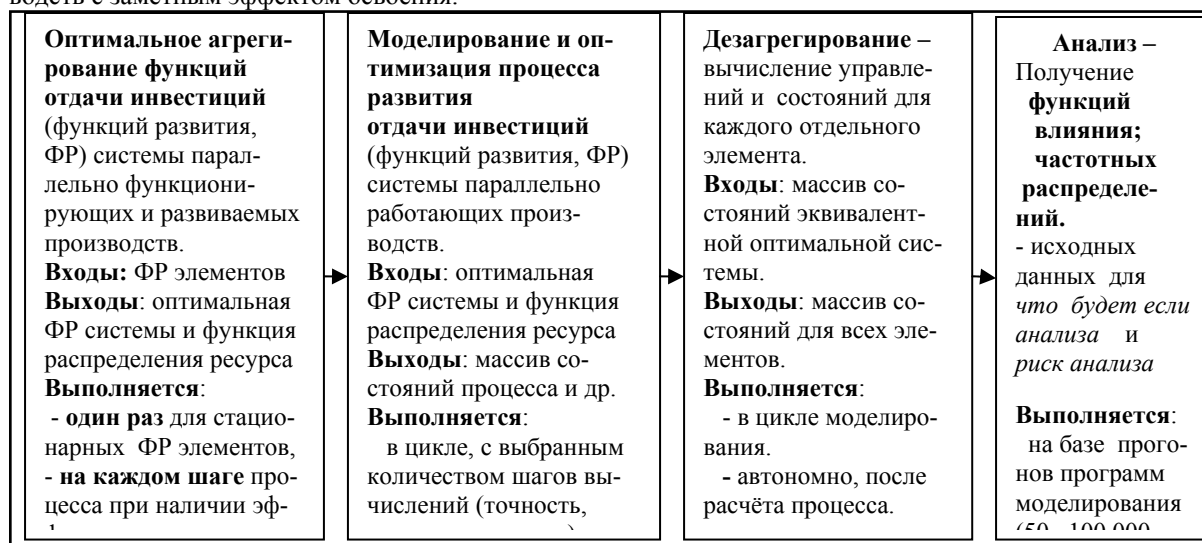


Рис.4. Алгоритм решения задачи оптимизации и моделирования процесса развития

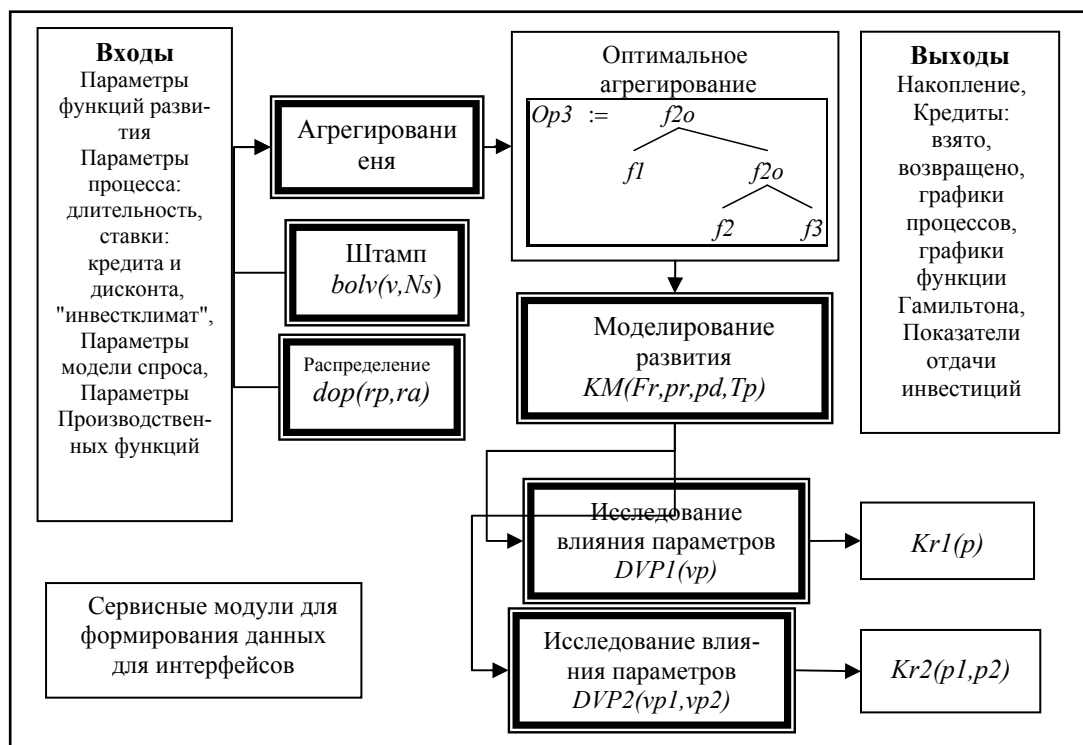


Рис.5. Система программных модулей для моделирования и оптимизации задачи развития

Модели развития децентрализованных систем

В предыдущем примере оптимизация и управление системой выполнялось централизованно и явно. Рассмотрим пример альтернативного подхода – децентрализованную систему "N производителей на "рынке" M продуктов". Элементы системы оптимизируют свои локальные критерии. нкциональных модулей, віділених на рис. 1,2,3 модулей. Каждый модуль имел структурные и редукционные submodule. При разработке рабочих моделей приоритет отдавался не статистическим аппроксимациям, а поиску и воссозданию порождающих механизмов. В частности, одна из версий потребительского выбора построена на двух обнаруженных экспериментально механизмах «выбор ценового диапазона» и «выбор альтернативного продукта в ценовом диапазоне».

Для повышения надежности моделирования полная версия модели создавалась как последовательность моделей разного уровня редукции (упрощение): «один производитель на рынке M продуктов»; «N производителей на одинпродуктовом рынке»; «N производителей на рынке M продуктов»;

«М продуктов одного класса, К потребителей»; и, наконец: «N производителей, М продуктов, К потребителей».

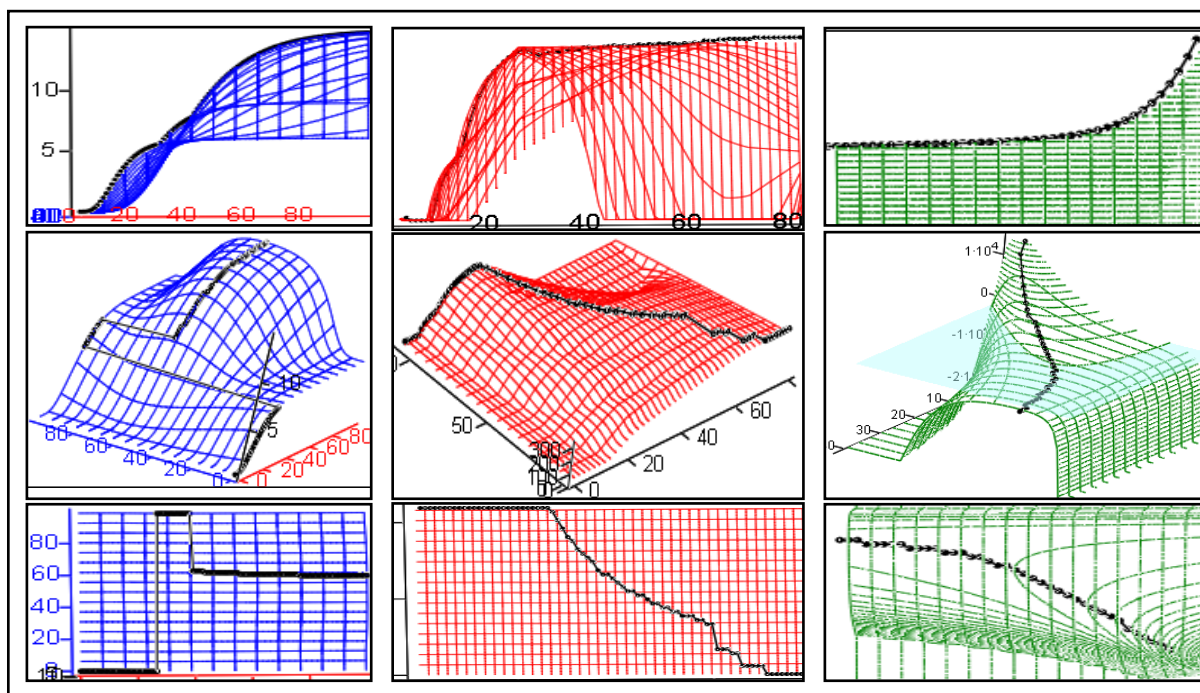


Рис.6. Результаты моделирования. Функции Беллмана

Во всех моделях отображена неопределенность: потребительского выбора, поведения конкурентов, производства (новые технологии, аварии и др.) и глобальных рынков (сырье, валютные курсы и др.)

Рассмотрим несколько примеров результатов моделирования, которые не только подтверждают работоспособность моделей, но и позволяют увидеть новые, неочевидные свойства в аспекте рисков. На рис. 2 поданы две реализации случайного процесса развития системы «30 производителей, 20 продуктов» и распределению ограниченных рынков. Заданы такие начальные условия – стартовая специализация. Существенное отличие предложенной модели от аналогов – обобщенная субмодель локального управления, которое воспроизводит все известные алгоритмы локального управления за счет выбора параметров модели, в частности, склонности к риску.

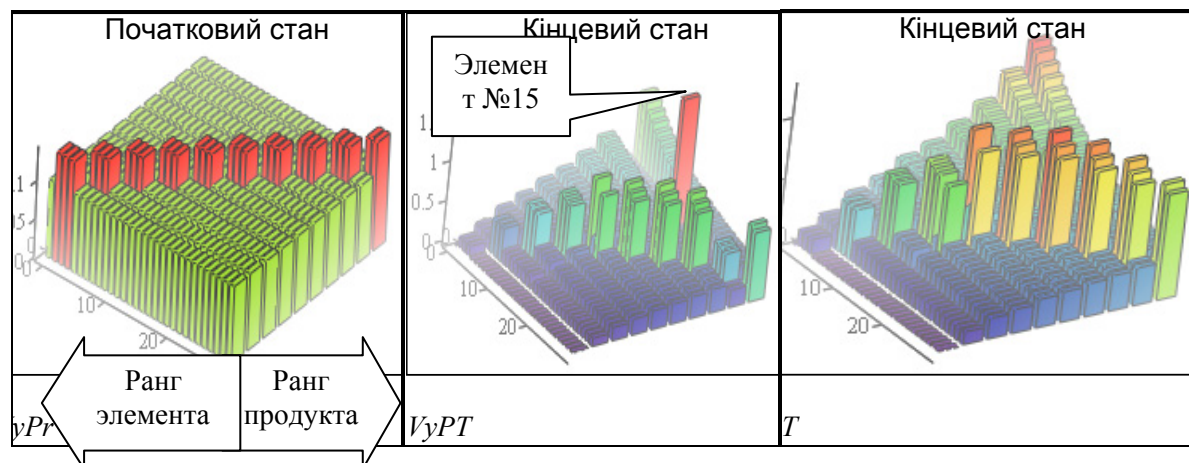


Рис.7. Эволюция распределения рынка в системе "2", две реализации случайного процесса

На рис. 8 поданы примеры зависимости суммарного выпуска «продуктов» от времени при разных стратегиях управления развитием. Выбрана ситуация уменьшения спроса и перенасыщения рынка. Поданы три сценария функционирования системы:

- все производители распределяют ресурсы пропорционально оценкам «продуктов»;
- все производители используют рисковое управление распределением ресурсов;
- один производитель использует рисковое управление, все другие – пропорциональное.

На рис. 8 подан пример моделирования развития системы «150 производителей, 1 продукт».

Предложенная схема может использоваться для анализа и оптимизации возникающих под действием "естественных механизмов" структур. Декомпозиционный подход позволил создать комплекс вычислительно эффективных программ моделирования.

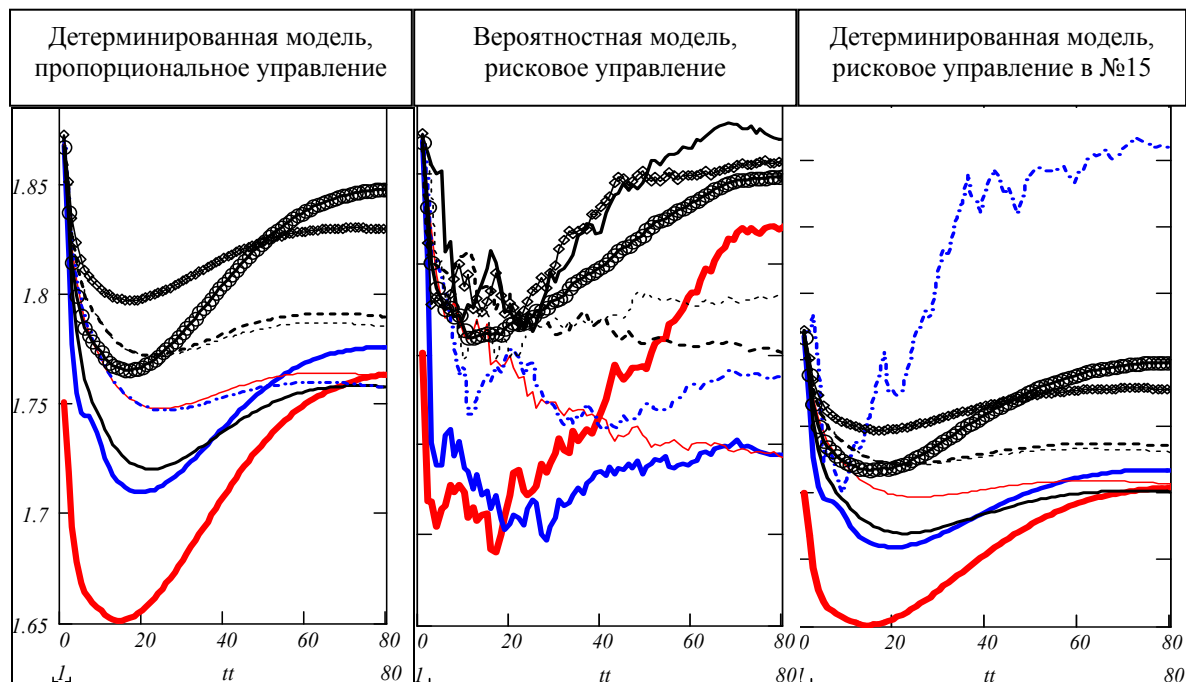


Рис.8. Варианты распределения рынка "30 производителей, 10 продуктов"

Выводы

На базе декомпозиционного подхода получены эффективные модели распределённых систем. Разработана работающая модель распределённой системы, главные особенности которой – неограниченная возможность настройки на разные отрасли и введения альтернативных версий функциональных моделей; возможность моделирования выбранного элемента (производителя, продукта, линейки продуктов) «на фоне» процесса развития системы «виробники-продукти-споживачі», для поиска и оценки управленческих решений.

Литература

- [1] Беллман Р., Гликсберг И., Гросс О. Некоторые вопросы математической теории управления. — М.: Издат. иностр. литер., 1962. — 233 с.
- [2] Литература: Беллман Р. Процессы регулирования с адаптацией. — М.: «Наука», 1964.—200 с.
- [3] Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия. — М.: Прогресс, 1971.— 340с.
- [4] Боровська Т.М. Декомпозиційні структури для прикладних програм синтезу регуляторів // "Вісник ВПІ", № 1, 2000. — С. 12 – 18.
- [5] Боровська Т.М., Колесник І.С., Северілов В.А. Нечітка оптимізація розподілу обмеженого ресурсу у виробничій системі при неопуклих виробничих функціях елементів // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2003. — № 5. — С.36-41.
- [6] Боровська Т.М., Северілов В.А. Моделювання задач управління проектами. Мультимедійний навчальний посібник. - Вінниця: ВНТУ, 2004 - 242 с.
- [7] Бадьора С.П., Боровська Т.М., Северілов В.А. Моделювання багатопродуктових виробничих систем. // "Вісник ВПІ", № 2, 2004 – С. 76 - 82
- [8] Боровська Т.М., Северілов В.А., Бадьора С.П., Колесник І.С. Моделювання та оптимізація у менеджменті. Навчальний посібник. - Вінниця: „Універсум”, 2008. – 145 с.
- [9] Боровська Т.М., Колесник І.С., Северілов В.А. Оптимізація розподілу обмеженого ресурсу у виробничій системі на базі агрегування виробничих функцій // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія – 2005. – № 1 – С. 12-18.