

УДК 62.50:658.21

Е. П. Хомян; Т. Н. Боровская, к. т. н., доц.; С. П. Бадьора, к. т. н.

ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫМ ОБЪЕКТОМ «ЛИНЕЙКА ПРОДУКТОВ»

Построена система рабочих имитационных моделей распределенного объекта «линейка продуктов», исследованы свойства динамики и статики линейки. Предложены и реализованы методы локального и глобального управления линейкой продуктов.

Ключевые слова: распределенная система, производитель, продукт, потребитель, рабочая модель, имитационное моделирование, линейка продуктов, локальное управление, глобальное управление, устойчивость.

Постановка проблемы. Объект моделирования данной работы – одновременно и массовый, и почти не исследованный. Найдены четыре близких аналога модели линейек продуктов. Однако это классические, не адекватные реальности модели. Система поиска Google выдаёт работы авторов (рис. 1). По другим ключевым словам наши работы тоже выдаются в первых рейтингах – все ведущие модельеры (разработчики программ моделирования) работают в условиях конфиденциальности.

Результатов: примерно 133 000 (0,22 сек.) Результаты поиска

- 1. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛИНЕЙКИ ПРОДУКТОВ - a knol by Taisa Borovska**
10 сен 2010... Авторы Таиса Боровская, Евгений Хомин. Статья посвящена конструированию математических моделей линейки продуктов. Разработана...
knol.google.com/.../моделирование-линейки-продуктов - Сохраненная копия
- 2. УПРАВЛЕНИЕ ЛИНЕЙКОЙ ПРОДУКТОВ - a knol by Taisa Borovska**
Не хотели бы повторять материал статьи «Моделирование линейки продуктов». В knol.google.com/.../управление-линейкой-продуктов - Сохраненная копия
Дополнительные результаты с сайта google.com
- 3. Средства моделирования (CASE) и поддержки всех стадий разработки...**
14 апр 2005... линейка интегрированных средств моделирования (CASE). CASE-средства СА Technologies позволяют моделировать бизнес-процессы, базы данных, ... www.interface.ru/home.asp?artId=99 - Сохраненная копия

СПОРТИВНЫЕ



ТУРИСТИЧЕСКИЕ



УТИЛИТАРНЫЕ



СПЕЦПРЕДЛОЖЕНИЕ!





HP DCP-130C

МФУ для индивидуального пользователя

- Принт/Копир/Сканер
- Media Slots + PictBridge
- 25/20 стр/мин



HP DCP-330C

МФУ персонального пользователя плюс

- Принт/Копир/Сканер
- Media Slots + PictBridge
- 25/20 ppm
- 2.0" цветной дисплей
- Фото лоток



HP DCP-540CN

- Принт/Копир/Сканер
- Media Slots + PictBridge
- 25/20 стр/мин
- 2.0" цветной дисплей
- Фото лоток
- Сеть
- автоподатчик 10 листов



HP DCP-750CW

- Принт/Копир/Сканер
- Media Slots + PictBridge
- 27/22 стр/мин
- 2.5" цветной дисплей
- Фото лоток
- Сеть
- Беспроводная сеть

Не поставляются в РФ

Рис. 1. Результаты поиска аналогов, примеры линеек продуктов

Определение терминов. В области моделирования линейки продуктов еще нет сложившейся стандартной терминологии, подобной терминологии динамики летательных

аппаратов, поэтому определимся с необходимыми терминами.

Линейка продуктов 1. 90% документов в поиске относятся к классу «линейка программных продуктов». Это наборы программных продуктов для комплексного решения некоторой сложной задачи. Элементы линейки – самостоятельные продукты, рассчитанные на совместное использование. На бытовом уровне это могут быть наборы «все для борща», «все для первоклассника».

Линейка продуктов 2. Другие названия – продуктовая линейка, модельный ряд. Это набор продуктов одного целевого назначения, отличающихся ценой и ценностью. Продукты одного целевого назначения и одного ценового интервала могут образовывать неупорядоченные линейки по категориям предпочтений потребителей. Например, мобильные телефоны одного ценового диапазона могут выпускаться для школьников, для менеджеров, для аквалангистов, пенсионеров.

Рабочая модель – модель, записанная в стандартах научных публикаций и выполняемая в среде определенного пакета моделирования.

Технология разработки новых моделей для новых задач. Согласно Форрестеру в качестве начальной информации для построения модели собирается рассеянная описательная текстовая и визуальная информация. В процессе интегрирования выполняются последовательные канонические этапы создания модели: лингвистическая модель, графовая модель, рабочая модель. При построении модели не используются модели-аппроксимации, а конструируются модели на базе достоверно выявленных «порождающих» механизмов. При этом разрабатывается обобщенная параметризованная модель определенного класса объектов, которую можно настроить на воссоздание конкретного объекта класса. Это не новация, а только применение принципов объектного программирования.

Формализация задачи моделирования системы «производители – продукты – потребители». Мы рассматриваем сложную систему высокой размерности. Формально существуют две альтернативы построения модели такой системы: имитация поведения каждого элемента системы: производителя, продукта, потребителя; имитация поведения целостных систем – системы производителей, системы продуктов, системы потребителей. Фактически существует одна альтернатива – построение системы из названных моделей. Обратимся к аналогиям из физики: воду и воздух можно моделировать на молекулярном уровне и на уровне волн. Известно, что существует «психофизика», фактически существует и «технофизика», описывающая закономерности функционирования и развития целостных технических систем.

Цель данной работы – создание рабочей модели для прогнозирования и планирования процессов в системе «линейка продуктов – потребители». Эта модель – элемент системы моделей класса «производители – продукты – потребители», кратко: NLMK-системы [1, 2]. Разбиваем задачу разработки модели на две модели: модель с имитацией каждого элемента распределенной системы – NLMK-системы; модель с имитацией всех производственных элементов, продуктов линейки и агрегированными потребителями: NLMRk-системы.

Необходимое условие эффективности имитационных моделей – ещё на начальной стадии переменные и параметры модели сформировать как структуры, удобные для векторизации – распараллеливания вычислений. Это отображено уже на уровне определений моделей: Lm – множество продуктов класса «линейка продуктов», Rk – распределение потребителей по доходам.

Задачи управления системой: управление линейкой продуктов на уровне «производство»; управление на уровне «ритейл»; управление на уровне «пользователь».

Словесная модель реальной системы. Приводим сокращенные словесные модели элементов.

Потребитель характеризуется доходом и склонностью к потреблению, информированностью – возможностью различать изделия разных производителей, знаниями

о свойствах продукта, наличием собственного опыта использования продукта.

Система потребителей характеризуется объемом данного региона (области тяготения), распределением потребителей по доходам, насыщенностью спроса и предложения, зависимостью вероятностей выбора от уровня дохода, рейтинга продукта и «длины и высоты полки», структурой информационного обмена.

Продукт (марка) на рынке характеризуется себестоимостью, ценой, полезностью и качеством (ценностью), функцией предложения, моделью потребления (использования) и наличием «клуба потребителей».

Система продуктов линейки характеризуется частью общих составляющих и общих технологий в продуктах линейки, производственными расходами, сертификатом ценности продуктов данного класса, способами изменения ценности, темпами освоения производства.

Разработка рабочих моделей. Новизна модели диктует процесс разработки: создание, тестирование и исследование функциональных модулей, составление из них частных моделей, исследование, на последнем шаге собирается полная модель и сервисные модули для проведения вычислительных экспериментов. Полная система состоит из двадцати основных модулей. Приводим два примера центральных модулей: «линейка продуктов» (рис. 2) и «общая функция принадлежности выбора потребителя на линейке продуктов» (рис. 3).

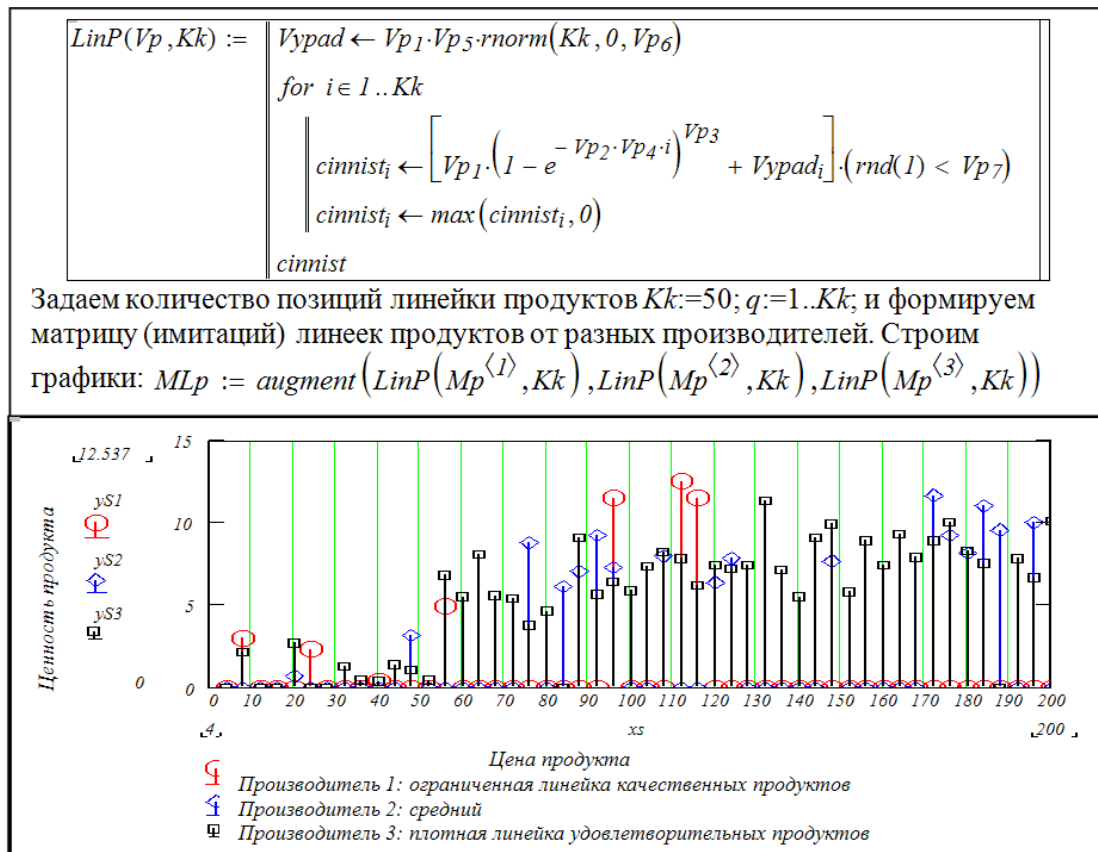


Рис. 2. Пример рабочей модели «линейка продуктов от нескольких производителей»

Функция пользователя $LinP(Vp,Kk)$ генерирует имитацию реальной линейки для определенного класса продуктов, она берет вектор параметров Vp и количество ценовых интервалов Kk . Процесс выбора потребителя на линейке продуктов принципиально отличается от процесса выбора из продуктов одной цены и ценности [3, 4]. Этот достаточно сложный для формализации процесс реализован в ряде модулей. На рис. 3 приведен итоговый модуль, берущий такие параметры:

линейкаПродФильтрНормализ(ф_принадл_дохода, ф_принадл_ценности, порог, Кол_шагов, шаг)

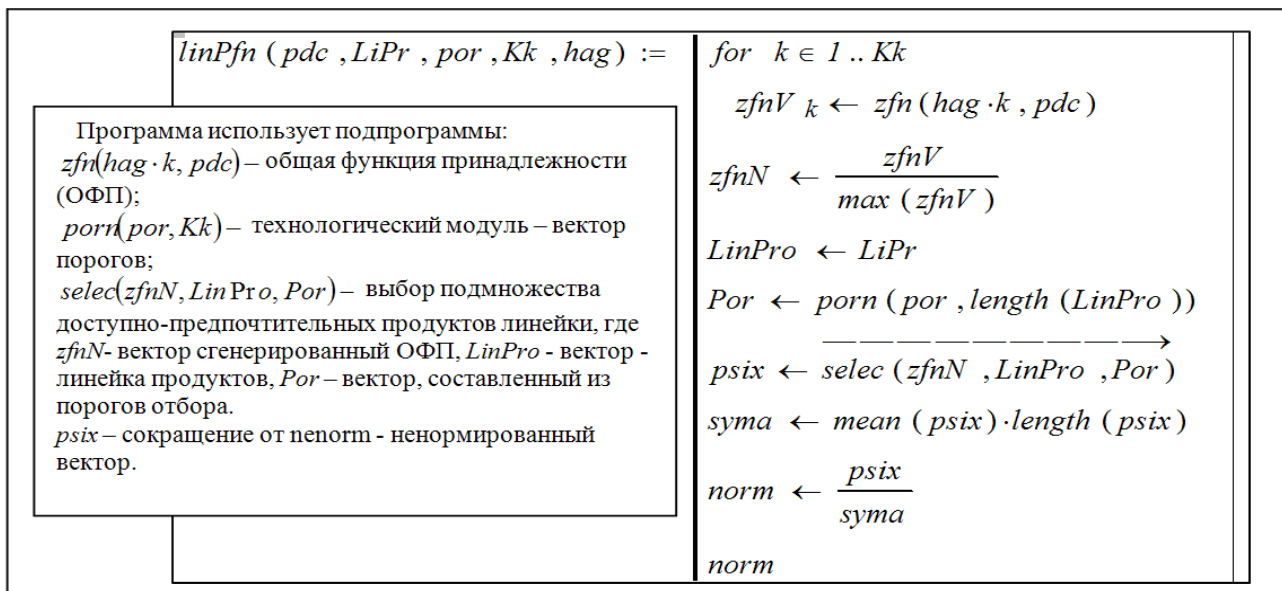


Рис. 3. Пример рабочей модели «общая функция принадлежности» для выбора потребителя

На базе разработанных моделей динамики потребления и обучения пользователей разработаны две альтернативные модели неуправляемой системы и проведены соответствующие исследования (рис. 4, 5).

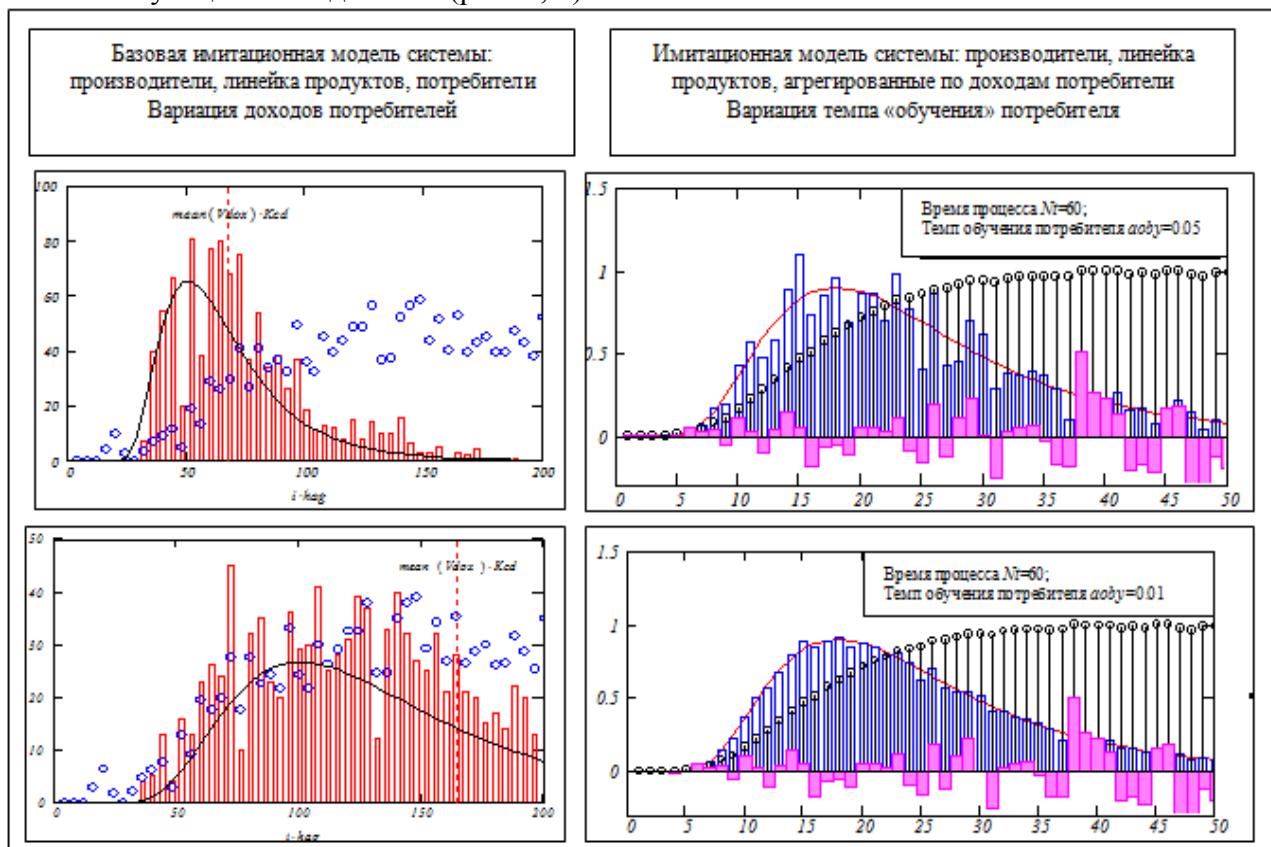


Рис. 4. Результаты моделирования динамики линейки продуктов по альтернативным моделям

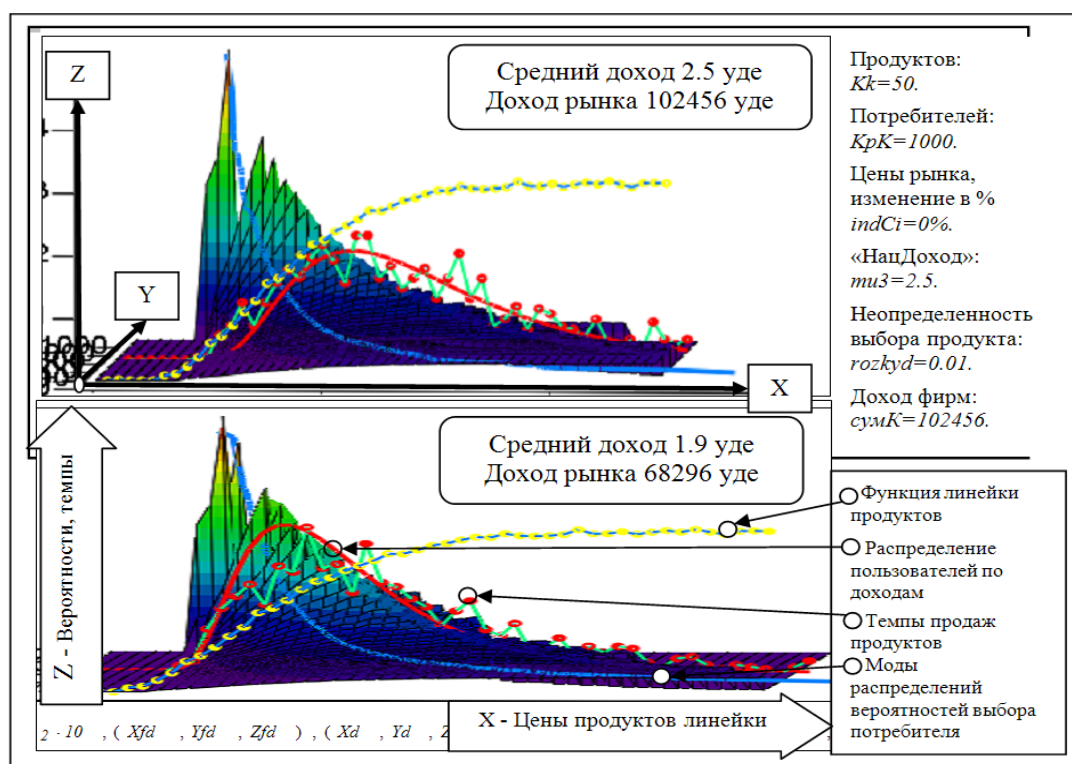


Рис. 5. Влияние среднего дохода на состояние сегмента производства. Пример

Аналогично можно провести анализ влияния изменения индекса цен. Рабочая модель сформирована как функция пользователя от определенных параметров, поэтому нетрудно вычислить зависимость темпа доходов рынка от индекса цен. На рис. 6, 7 приведены примеры таких зависимостей. В рамках разработанной модели получаем такой результат: при низком уровне доходов потребителей общее повышение цен ведет к падению суммарного дохода рынка, при высоком уровне доходов потребителей – к росту суммарного дохода рынка.

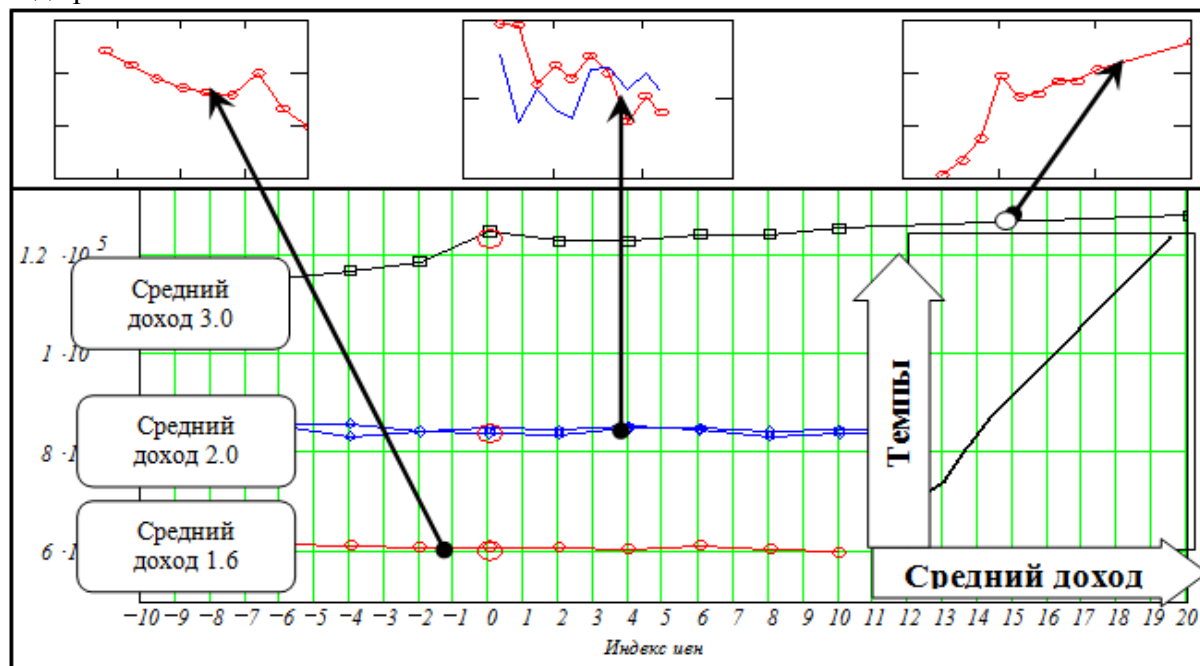


Рис. 6. Влияние изменения индекса цен линейки при различных уровнях среднего дохода

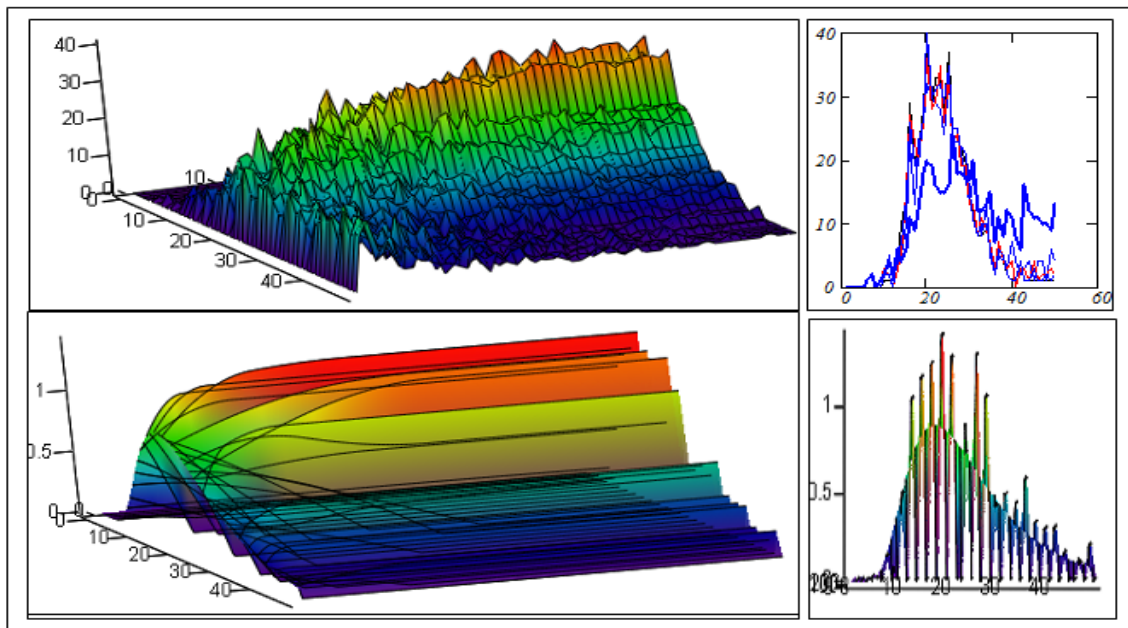


Рис. 7. Переходные процессы в системе «линейка продуктов» по альтернативным моделям

Опираясь на базовые альтернативные модели и результаты их тестирования, выполним следующий шаг конкретизации цели данной работы – построение агрегированной модели системы «производители – продуктовая линейка – пользователи». Вводим переменные: «пользователи», «распределение доходов», «линейка продуктов», «ценность-цена», переменную (вектор) «распределение темпов поставок». Наша цель – получить эффективный оператор, отображающий две функции в функцию «распределение темпов поставок продуктов линейки»:

$$rtP(t) = Opo(VP(t), dDk(t)), \quad (1)$$

где $rtP(t)$ – установившееся частотное распределение темпов поставок по ценам; $VP(t)$ – ценности продуктов, ранжированные по ценам = «цена – ценность», линейка; $dDk(t)$ – частотное распределение потребителей по доходам.

Натуральные процессы установления темпов продаж инерционны. Допустим, что существует $rtPo$ – установившееся состояние распределения. Разрабатываем на этой основе модель глобальной динамики линейки. Установившееся состояние:

$$rtPo = \lim_{t \rightarrow \infty} Opo(VP, dDk). \quad (2)$$

Динамика движения к установившемуся состоянию при отсутствии возмущений линейки

$$rtP^{(t+1)} = rtP^{(t)} + Kg \cdot \left(\overline{rtP^{(t)}} - rtPo \right) \cdot \Delta t. \quad (3)$$

На рис. 8 приведена схема агрегированной модели.

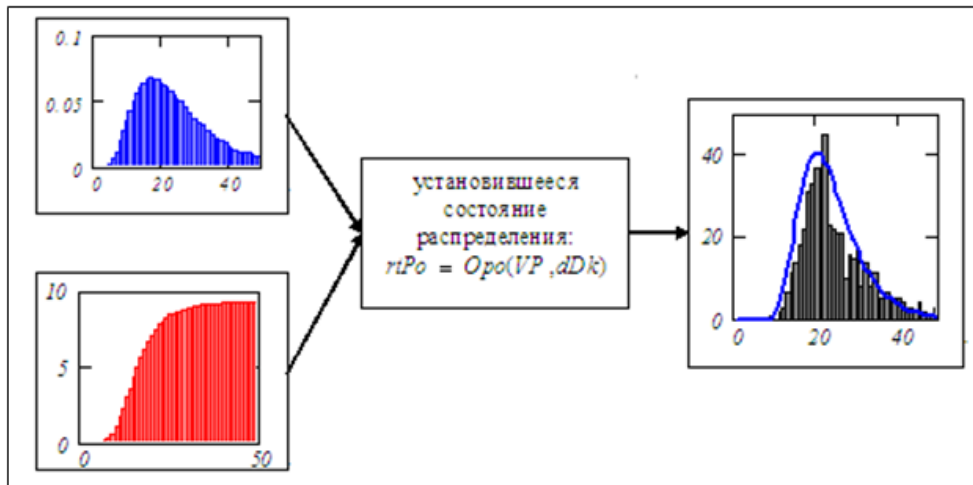


Рис. 8. Схема агрегированной модели динамики линейки продуктов как преобразователя распределений

Отметим, что в имитационной модели учтена случайность выбора пользователей. На рис. 7 представлен ряд графиков – эволюция распределения темпов снабжения (переходной процесс). На рис. 8 представлено установившееся состояние и «спроектированные» «причины» – распределение пользователей по ресурсам и линейка продуктов.

Разработка моделей локальной динамики линейки продуктов. Задаем скорость обучения $aoby := 0,09$. Выполняем первое приближение:

$$\begin{aligned} \text{обмен с соседним продуктом слева :} \quad & \text{обмен с соседним продуктом справа :} \\ \Delta levo = rtP_{k-1,t} \cdot (VP_k - VP_{k-1}) \cdot aoby; & \Delta prav = rtP_{k+1,t} \cdot (VP_k - VP_{k+1}) \cdot aoby; \end{aligned} \quad (4)$$

результат обменов :

$$rtP_{k,t+1} = rtP_{k,t} + \Delta levo + \Delta prav. \quad (5)$$

По сути управление продуктом, а именно – линейкой, реализуется через изменение цены dp_k , изменение ценности через «+50 грамм бесплатно», новые возможности и прочее, что отображается в калькуляции прироста ценности dVP_k . Все эти управления требуют затрат, учитываем это в модели:

$$zVP_k = fzvp1(dVP_k) + fzvp2(dVP_k) \cdot rtP_{k,t}, \quad (6)$$

$$zp_k = dp_k \cdot rtP_{k,t}, \quad (7)$$

где постоянные и переменные затраты на повышение ценности продуктов линейки равны изменению цены, умноженной на темп поставок, вводим соответствующие функции затрат: $fzvp1(dVP_k)$ – постоянные и $fzvp2(dVP_k)$ – переменные затраты.

Синтез управления может выполняться с помощью таких альтернатив: максимум ожидаемого прироста потока прибыли; выход из «ямы» между двумя соседними доминирующими элементами, хотя бы в равновесную позицию или доминирующую позицию на линейке.

Вводим в модель вероятностный и детерминированный выбор потребителя. На вероятностный выбор могут влиять и слабые факторы, например, расположение продукта: мелкая моторная техника реализуется лучше в придорожных магазинах, если ее выставить на обочине дороги. Для мелких продуктов – электроприборов, комплектующих – интенсивность спроса зависит от «высоты, длины полки».

Детерминированный выбор пользователя по сути означает, что потребитель запоминает после единичной пробы продукт, который ему понравился или не понравился, и потом «застывает» на своем выборе. Переход на новый продукт требует интенсивного влияния

информационных источников, которым пользователь полностью доверяет. Делаем модуль «локальное перераспределение спроса», который берет период моделирования, функцию распределения темпа поставок, функцию «линейка продуктов», параметры процесса обучения пользователей и возвращает процесс перераспределения темпов продаж в течение заданного периода моделирования:

$$LokDispr = Lok3(распрТемпПродаж, Линейка, Обучение)$$

В интегрированной модели воспроизводится поведение таких объектов, как: «система производителей», «система потребителей», «система продуктов». В классе «продукты» можно выделить разные по архитектуре системы продуктов (таксоны), например, «автомобили и сопутствующие продукты и услуги», «продуктовая линейка мобильных телефонов», «продуктовая линейка программ бизнес-аналитики», «линейка кофе», «учебники по моделированию».

За счет детерминированных и вероятностных взаимодействий элементы образуют целостные объекты с достаточно стабильными свойствами. Эти свойства обычно формулируются в терминах некоторых упорядочений элементов, например, ранговых и частотных распределений, одномерных и многомерных.

Поиск и испытание стратегий развития для отдельного игрока. Одна из особенностей разработанных моделей – это возможность выделить определенный элемент: продукт, производителя, потребителя (кластера потребителей) – и поиск для него оптимальных стратегий в имитируемой рыночной среде. Можно выделить два производителя и промоделировать варианты конкуренции и сотрудничества. Можно реализовать другие подобные сценарии. Объем статьи не позволяет достаточно полно рассмотреть результаты моделирования для модели «N производителей, M продуктов, K потребителей».

Выводы. Предложена методология конструирования математических моделей социотехнико-экономических систем и разработана система рабочих моделей для таких систем. Создана удобная для модификации имитационная модульная модель системы «производители, продукты, потребители», которая потенциально может быть настроена на специфику каких-либо продуктов, моделей потребления, «обучения» и технологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нэгл Томас Т. Стратегия и тактика ценообразования. Руководство для принятия решений приносящих прибыль / Т. Томас Нэгл. – М.: «Питер», 2001. – 375 с.
2. Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия (пер. с англ.) / Дж. Форрестер. – М.: Прогресс, 1971. – 340 с.
3. Боровська Т. М. Моделювання і оптимізація процесів розвитку виробничих систем з урахуванням використання зовнішніх ресурсів та ефектів освоєння: монографія / Т. М. Боровська, С. П. Бадьора, В. А. Северілов, П. В. Северілов; за заг. ред. Т. М. Боровської. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 255 с.
4. Васильська М. В. Дворівнева модель вибору споживачів на лінійці продуктів / М. В. Васильська, В. А. Северілов, Є. П. Хомин // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2008. – № 6. – С. 35 – 40.

Боровская Таиса Николаевна – к. т. н., доцент кафедры компьютерных систем управления.

Хомин Евгений Петрович – аспирант кафедры компьютерных систем управления.
Винницкий национальный технический университет.

Бадёра Сергей Петрович – к. т. н., ведущий инженер, КСК «Автоматизация».