

КОНСТРУИРОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ РАСПРЕДЕЛЁННОГО СПРОСА НА ПРОДУКТЫ И УСЛУГИ

Майя Васильская¹, Евгений Хомин

Винницкий национальный технический университет
Хмельницкое шоссе, 95, Винница, 21021, Украина, тел.: (0432) 26-49-09,
E-Mail: valeriy@svitonline.com¹

Аннотация

Рассматривается задача разработки моделей спроса на продукты и услуги для личного потребления, в условиях выбора множества потребителей на множестве продуктов одного класса. Отображение в моделях базовых механизмов поведения отдельных потребителей и устойчивых закономерностей в распределениях потребителей по доходам приводит к необходимости введения системных характеристик - распределённых функций спроса. В статье введены и программно реализованы субмодели для отображения дохода потребителя в индивидуальную функцию спроса, модели нечёткого выбора потребителя. Особенность модели нечёткого выбора - закон изменения параметра нечёткости в ценовом диапазоне - с максимумом в области проекции дохода потребителя. Исследованы свойства распределённого спроса, в частности изменения суммарного дохода рынков при изменении индексов цен - этот показатель может возрастать и падать, в зависимости от среднего дохода системы потребителей.

Введение

Приложение теории автоматического управления к современным актуальным задачам имеет общие черты с эпохой зарождения теории и практики автоматического управления. Это необходимость выделять и формализовать объекты управления, что является достаточно нетривиальной задачей, например, пользователь определенного программного продукта - одновременно объект и субъект управления. Это также задача - выделения продукта производства: что это: неупорядоченный набор отдельных продуктов для отдельных потребителей, или единый распределённый продукт - линейка продуктов с внутренними связями, предназначенный для распределённого потребителя информационного сообщества потребителей все больше растающего в Интернет. Управление в таких социо-техно-экономических системах отличается от управления в технических системах: это не напряжение, ток или давление, а информационные действия. Информационное управление имеет широкий диапазон действий на объект - от звонков, словесных команд до сертификатов ценности продукта и подарков активным потребителям. Именно такого типа системы автоматического управления становятся объектом разработки рядового специалиста по компьютерным системам управления.

Постановка проблемы. Для тех, кто работает с конечным потребителем важно прогнозировать, контролировать и управлять сотнями тысяч потребителей и тысячами марок продуктов как с целостными объектами. Суть проблемы в том, что потребные модели для прогнозирования и управления может сделать специалист в математике, программировании и социологии. В США уже давно, развитие экономики зависит от настроения и ожиданий среднего класса.

Постановка задачи. Задача данной работ - сделать и испытать рабочую модель спроса множества потребителей на множестве продуктов одного класса. Невозможно и не нужно делать "точную" модель системы. Делаем модели первого приближения - такие, что по результатам моделирования можно расширять и настраивать на разные продукты, производства и рынки. Модели должны оперировать, по возможности, с массивами, а не отдельными продуктами, потребителями и производителями.

Модуль "система марок продуктов". Конкретная задача - построение модуля, который берет "тучу точек" на плоскости "цена-ценность", а возвращает зависимости "средняя цена - ценность", "максимальная ценность - цена", "максимум ценности на единицу стоимости".

Модель генератора данных:

$$yS_i := 10 \cdot A \cdot \left(1 - e^{-w \cdot xS_i}\right)^S + ash \cdot rnorm(2, mu, va) \cdot I \cdot natic ; \quad yS_i := \max(yS_i, 0)$$

Рис.1. Модель генератора данных доходу

Определение параметров регрессии. Могут быть разные гипотезы о механизмах образования зависимости "цена-ценность" и соответствующие модели (например, квадратичная зависимость). Естественно выполнить идентификацию - "прикрепить" к эмпирическим точкам теоретическую кривую.

Модуль "система линеек продуктов от разных производителей"

Для адаптации продукта к потребностям потребителя производители дифференцируют продукт по ценам, возрасту, образованию, профессии потребителя. Существует достаточно размытое понятие "линейка продуктов". В данном документе эту "этикетку" наклеиваем на конкретную систему: отсортированное по цене продажи множественное число продуктов, отнесенных к определенному классу объектов. Производители должны ориентироваться в стихийных потребительских определениях классов - они

могут означать новую перспективную рыночную нишу, или радикальное изменение заполнения "этикетки". Например, что фактически собранно под этикетками: "высшее образование", "сардельки", "соки", "вина виноградные", "кредитные продукты", "молочные продукты"?

Сделаем более обобщенную и компактную рабочую модель линейки продуктов. Задаем матрицу параметров M_p , делаем спецификацию компонентов. Делаем функцию пользователя $LinP(Vp, Kk)$, которая генерирует имитацию реальной линейки для определенного класса продуктов (сегменту рынка). Технологическая особенность программы в том, что сначала генерируется вектор случайных отклонений ценностей продуктов, а затем уже в цикле - вычисляются значения ценностей для соответствующих цен.

Модель линейки продуктов с учетом изменения индексов цен. Сделаем еще одну функцию $LinPci(LiPr, indCi)$ - функцию пересчета линейки продуктов при изменениях цен. Берем пока более простой вариант: все цены изменяются пропорционально определенному индексу цен.

Модуль выбора потребителя на системе марок продукта. Представим потребителя с определенным уровнем дохода, который выбирает, за какую цену и от какого производителя покупать определенный продукт на текущем шаге процесса. В общем случае потребитель не имеет достоверную информацию о цене и ценности альтернативных продуктов. Рассматриваем две альтернативы построения модели потребительского выбора.

Модель A1: строим трехмерную функцию распределения ("плотной плотности") вероятности выбора от цены, ценности, уровня доходов (капиталу) свертываем цену и ценность в отношении "ценность/цена" - так получаем двумерную зависимость вероятности выбора от "потребительской производительности" и дохода.

Модель A2: используем нечеткую логику - строим функции принадлежности для цели - максимизации ценности/цены и ограничения по доходу, свертываем эти функции принадлежности.

Функция принадлежности цели. Будем постулировать: чем больше "отдача" = цена/ценность, тем больше значение принадлежности. Делаем функцию принадлежности цели на базе регрессии линейки продуктов

Функция принадлежности ограничения по доходу. Делаем эту функцию исходя из постулата: вероятность купить дорогое - меньше: $fnd(ci, dox, fuz) := 1 - pnorm(ci, Kcd \cdot dox, fuz)$,

где Kcd - коэффициент связи между предельной, "справедливой" ценой и доходом потребителя.

Строим графики функции ограничения по доходам вместе с функцией принадлежности цели (Считаем, что цель - максимум отношение "цена/ценность").

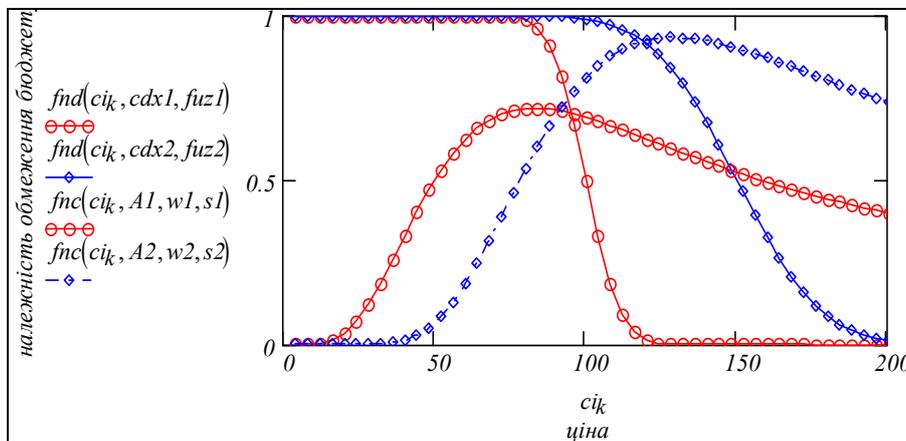


Рис. 2. Примеры функций належностей целей и ограничений по доходу

Свёртка функций принадлежности цели и ограничения

"Свернуть" функции принадлежности цели и ограничений в общую функцию принадлежности можно двумя способами - перемножить значение функций, или брать минимальное значение из двух значений для определенной цены. Записываем альтернативные функции для двух наборов параметров:

$$ZFN1(cin) := \min(fnd(cin, cdx1, fuz1), fnc(cin, A1, w1, s1));$$

$$ZFU1(cin) := fnd(cin, cdx1, fuz1) \cdot fnc(cin, A1, w1, s1).$$

Запишем общую функцию принадлежности в удобной для векторизирования вычислений компактной форме. Выбираем альтернативу "минимум" для свёртки функций принадлежности цели и ограничения по доходу. Параметры функций собираем в векторы параметров

$$zfn(ci, pD, pC) = \min(fnd(ci, pD), fnc(ci, pC))$$

$$fnc(ce, pC) := \frac{pC_1}{ci} \cdot (1 - e^{-pC_2 \cdot ce})^{pC_3} ; \quad fnd(ce, pD) := 1 - pnorm(ce, pD_3 \cdot pD_1, pD_2)$$

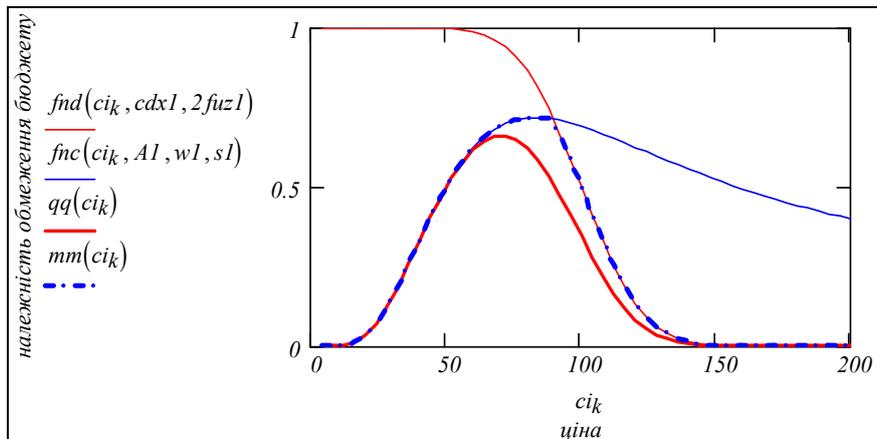


Рис.3. Альтернативы общей функции принадлежности для двух наборов параметров

На основании эмпирических данных считаем, что потребитель сначала выбирает диапазон доступных и базовых продуктов, а не единственный продукт, отвечающий максимуму функции принадлежности. Нормализуем функцию принадлежности. Нам нужны функции, которые должны обрабатывать большие массивы данных по всем потребителям. Для вычислений "по всем продуктам, по всем потребителям" следует применять векторизация - это намного убыстряет вычисление и делает алгоритмы бескомпромиссно примитивными (= простыми). Для этого все объекты вычислений следует трансформировать в матрицы и векторы. Это можно сделать по-разному: неудачно и наоборот. Например, выполнять операцию: $selec(zfn, linpr, por) := linpr \cdot (zfn > por)$ для каждого потребителя.

Анализ результатов моделирования. Использование рациональных технологий разработки рабочих программ позволило получить работоспособные программы моделирования. Сегодня специалист из управления должен мыслить категориями распределённых объектов – системами потребителей, продуктов, производителей. Это почти невозможно без компьютера: в электронной версии эту графику можно свободно вращать - выбирать проекции и ракурсы, менять значение параметров - вести эффективные поисковые исследования. Если построить совместно графики линейки продуктов, распределения доходов и темпов продаж продуктов линейки (рис. 4) можно увидеть очевидные связи и свойства **функции спроса системы потребителей на системе продуктов**. Следующий шаг – анализ трехмерных зависимостей (рис.5) для состояний и переходных процессов (рис.6). Видим системообразующую роль распределения доходов потребителей, предствленного в частотной и ранговой формах.

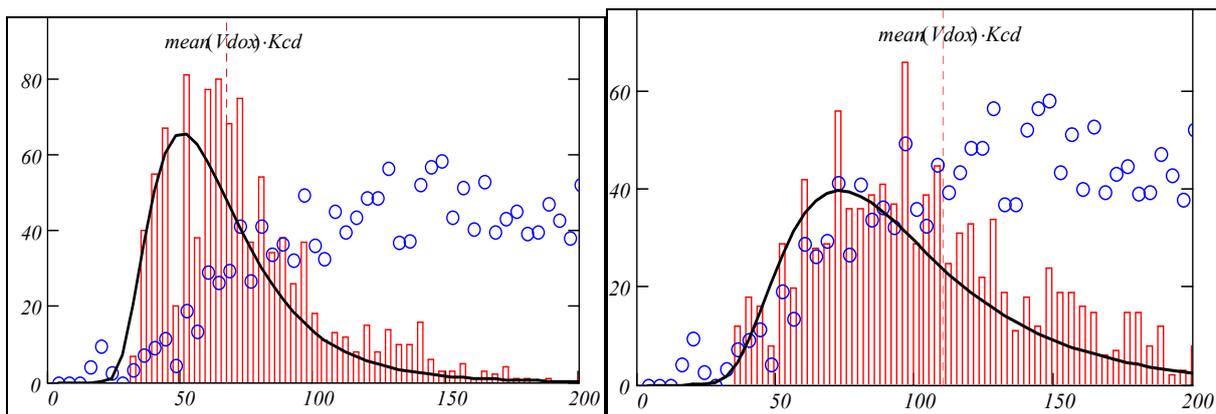


Рис.4. Распределение темпов продаж для случаев низкого и высокого среднего дохода

На рис. 6 представлен комплекс графиков, представляющих визуальный ответ на вопрос "как изменится суммарный спрос в некотором сегменте рынка (линейке продуктов) при изменении индекса цен"? Видим парадокс (относительно классической функции спроса) суммарного спроса на линейке продуктов: видим, что при умеренном росте индекса цен имеем разные тренды: в богатом обществе доходы рынка растут, в бедном – уменьшаются. Такой результат имеет место в реальности, но его трудно выделить в чистом виде. Для нас это подтверждение корректности нашей модели на качественном уров-

не. Практическое значение этого простого вычислительного эксперимента – определение направлений сбора данных для построения системы поддержки решений.

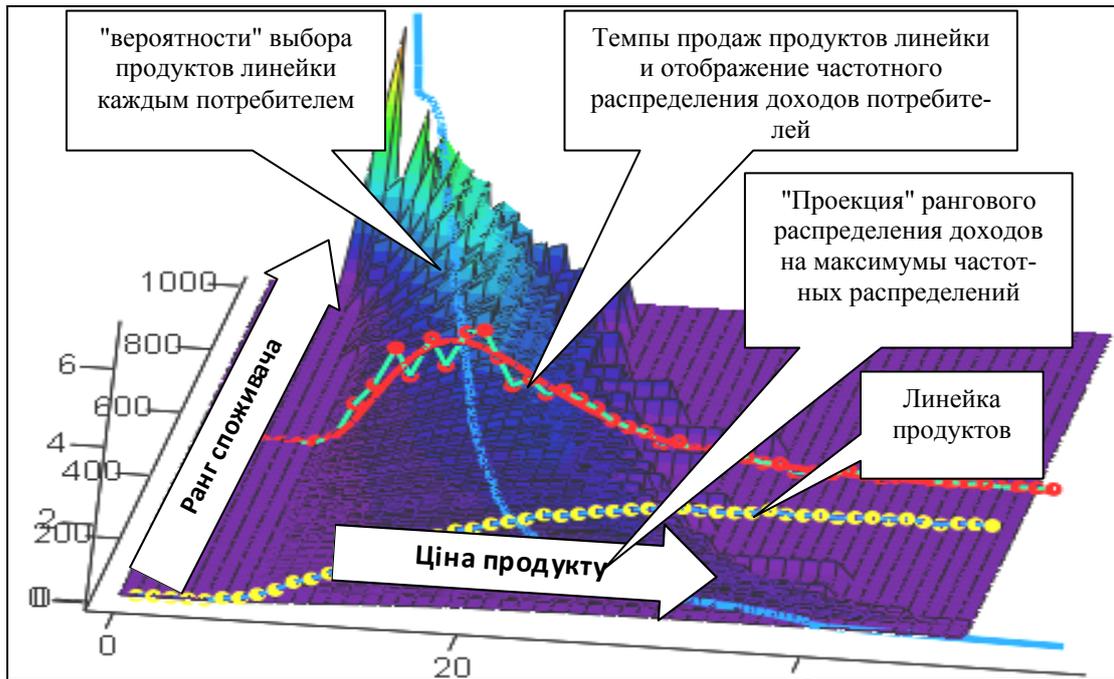


Рис.5. Комплексне відображення стану системи "продукти- споживачі"

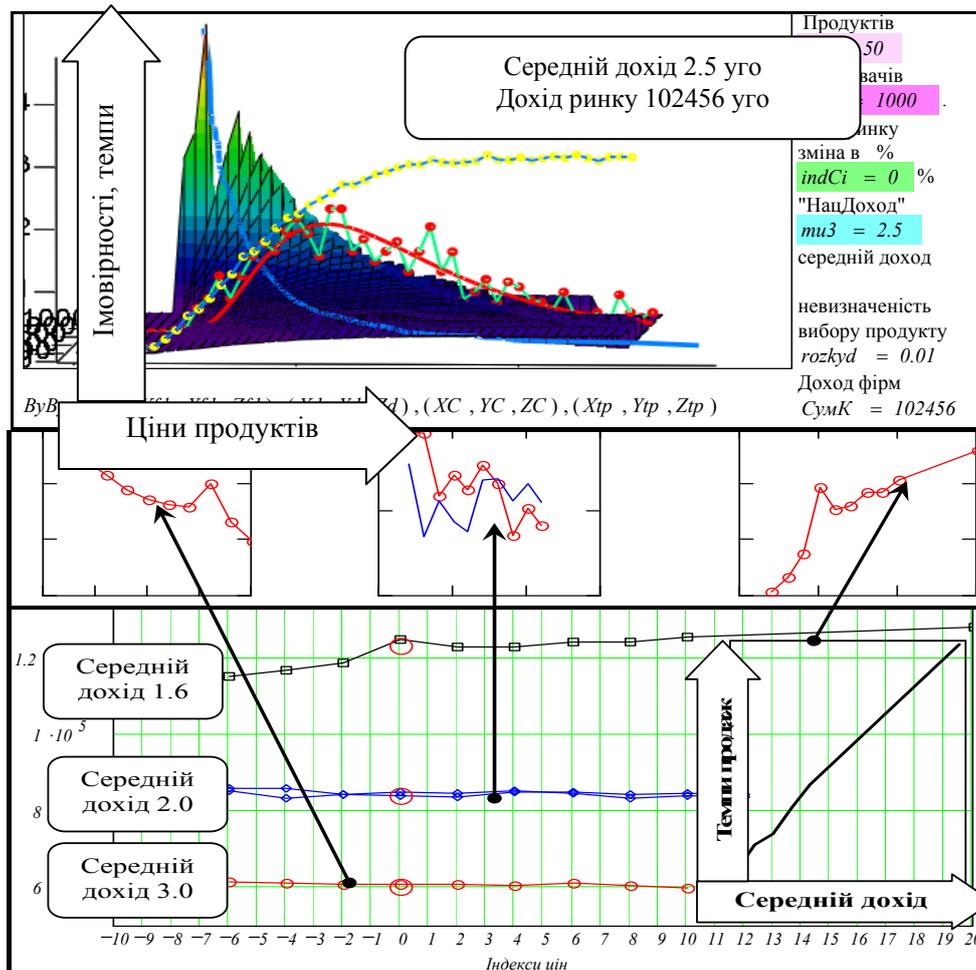


Рис. 6. Влияние индекса цен при разных уровнях среднего дохода

Выводы

Разработан комплекс рабочих математических моделей и программных модулей для анализа спроса в системе потребителей и системы продуктов определённого класса. Отлажена и испытана рабочая модель двухуровневого выбора потребителя на линейке продуктов на базе нечеткой логики. При моделировании получены результаты, объясняющие известные эмпирические факты.

Литература:

- [1] Нэгл Томас Т. Стратегия и тактика ценообразования. Руководство для принятия решений приносящих прибыль. — М. : «Питер», 2001. — 375 с.
- [2] Мак-Дональд М. Стратегическое планирование маркетинга. — Москва-Харьков: «Питер», 2001. — 267 с.
- [3] Райс Э., Траут Дж. Маркетинговые войны. — Санкт-Петербург: «Питер», 2000. — 256 с.
- [4] Боровська Т. М., Колесник І.С., Северілов В.А. Основи кібернетики та дослідження операцій. Навчальний посібник. - Вінниця: ВДТУ, 2002.- 242 с.
- [5] Боровська Т.М., Северілов В.А., Колесник І.С., Бадьора С.П. Моделювання і оптимізація у менеджменті. Навчальний посібник. - Вінниця: ВНТУ, 2007.- 145 с.