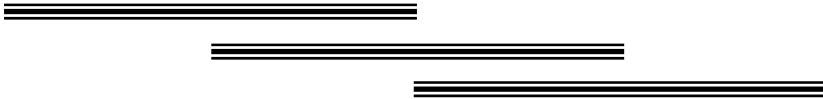


**О.В. Голосов, И.Н. Дрогобыцкий,
Б.И. Герасимов, В.Н. Дякин**

**Тематический обзор
по областям исследований
научной специальности
ВАК России 08.00.13 –
«Математические и
инструментальные методы
экономики»**



• ИЗДАТЕЛЬСТВО ТГТУ •

Министерство образования и науки Российской Федерации
Тамбовский государственный технический университет
Институт «Экономика и управление производствами»
Региональный Диссертационный совет КМ 212.260.01
при Тамбовском государственном техническом университете

**О.В. Голосов, И.Н. Дрогобыцкий,
Б.И. Герасимов, В.Н. Дякин**

**Тематический обзор
по областям исследований
научной специальности
ВАК России 08.00.13 –
«Математические и
инструментальные методы
экономики»**

Тамбов
Издательство ТГТУ
2004

ББК У.в6
Т32

Р е ц е н з е н т ы :

Доктор экономических наук, профессор
Н.И. Куликов

Доктор экономических наук, профессор
В.Д. Жариков

Голосов О.В., Дрогобыцкий И.Н., Герасимов Б.И., Дякин В.Н.

Т32 Тематический обзор по областям исследований научной специальности ВАК России 08.00.13 – «Математические и инструментальные методы экономики». Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. 236 с.

В монографии представлен обзор современных представлений по областям исследований в рамках научной специальности ВАК России – 08.00.13 «Математические и инструментальные методы экономики». Систематизация работ и библиографический список литературы выступают в качестве «стартового» качества научных исследований как в рамках отдельных областей, так и при проведении междисциплинарных исследований. При этом основное внимание уделяется проблемам математического и компьютерного моделирования различных экономических явлений и процессов.

Монография представляет интерес для аспирантов и докторантов, обучающихся по специальности 08.00.13, и научных работников, занимающихся вопросами совершенствования математических и инструментальных методов экономической науки.

ББК У.в6

ISBN 5-8265-0312-2

© Голосов О.В., Дрогобыцкий И.Н.,
Герасимов Б.И., Дякин В.Н., 2004
© Тамбовский государственный
технический университет
(ТГТУ), 2004

Научное издание

**Голосов Олег Викторович,
Дрогобыцкий Иван Николаевич,
Герасимов Борис Иванович,
Дякин Вадим Николаевич**

**Тематический обзор по областям
исследований научной специальности ВАК России 08.00.13 –
«Математические и инструментальные методы экономики»**

Монография

Редактор Т.М. Глинкина
Инженер по компьютерному макетированию Т.А. Сынкoвa

Подписано к печати 22.09.04
Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Печать офсетная
Гарнитура Times New Roman. Объем: 13,72 усл. печ. л.; 13,5 уч.-изд. л.
Тираж 400 экз. С. 632^М

Издательско-полиграфический центр
Тамбовского государственного технического университета
392000, Тамбов, ул. Советская 106, к. 14

Специальность ВАК России 08.00.13 «Математические и инструментальные методы экономики» является необходимым базисом современной экономической науки, отличающейся все возрастающей оперативностью, многофакторностью и сложными взаимосвязями объектов управления при принятии решений. Все это обуславливает необходимость дальнейшего развития математического и инструментального аппарата экономической науки с учетом современных достижений в области математики, информационных технологий, социологии. Высокий уровень мировой конкуренции, возрастающие объемы производства и потребления при одновременном сокращении природных ресурсов делают необходимым применение в современной практике управления различными элементами экономики передовых математических и инструментальных средств и методов.

Настоящая монография представляет собой тематический обзор классических и современных работ по областям исследований в рамках специальности 08.00.13 «Математические и инструментальные методы экономики». Порядок изложения материалов соответствует паспорту специальности ВАК РФ. Это дает возможность систематизировать идеи и методы из различных областей исследований, объединяя математический и компьютерный инструментарий. Для каждой области исследования помимо изложения основного содержания некоторых работ дан достаточно обширный список рекомендуемой литературы, раскрывающей основные проблемы и пути их решения.

Современный уровень развития информационных технологий при фактическом удвоении мощности общедоступных процессоров каждые 1,5 – 2 года дает новую жизнь математическому моделированию реальных экономических процессов. Это позволит принимать качественные управленческие решения с учетом большего числа значимых факторов, что повысит конкурентоспособность элементов экономики России.

Основной целью монографии является поддержка аспирантов и докторантов указанной научной специальности при выборе интересующих их направлений исследований и осуществлении первого шага – исследовании современного состояния предметной области.

1 МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

1.1 РАЗРАБОТКА И РАЗВИТИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АППАРАТА АНАЛИЗА ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ: МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЭКОНОМИКИ, ЭКОНОМЕТРИКИ, ПРИКЛАДНОЙ СТАТИСТИКИ, ТЕОРИИ ИГР, ОПТИМИЗАЦИИ, ТЕОРИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ, ДИСКРЕТНОЙ МАТЕМАТИКИ И ДРУГИХ МЕТОДОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ

Математическая оптимизация. Задачу математической оптимизации можно сформулировать как определение таких значений некоторых переменных величин, удовлетворяющих ряду ограничений, при которых достигается максимум определенной функции.

В качестве переменных в задачах рационального ведения хозяйства выступают те «инструменты», с помощью которых осуществляется конкретное распределение. Конкурирующие цели, поставленные в задаче, объединяются в целевую функцию, максимум которой требуется найти, а ограничения, отражающие недостаток ресурсов, определяют множество инструментальных величин, удовлетворяющих всем условиям. Это множество называют допустимым множеством. Итак, математически задача рационального ведения хозяйства является задачей отбора из множества возможных вариантов таких значений инструментальных величин, при которых целевая функция достигает максимума.

Экономику можно рассматривать как науку о применении методов рациональной деятельности хозяйственных институтов. Таким образом, экономическая наука рассматривает распределение ограни-

ченных ресурсов на различные цели в домашнем хозяйстве, в фирме и в ряде других институтов, что по сути является сферой исследования экономической теории.

В табл. 1 представлен процесс рациональной экономической деятельности фирмы (предприятия), описанный в терминах целевой функции, средств (инструментов) и ограничений.

Статическая задача оптимизации. Статическая задача рационального ведения хозяйства (рациональной деятельности) связана с распределением ограниченных ресурсов на различные цели в определенный момент времени. В математической форме задача состоит в нахождении значений переменных, максимизирующих заданную функцию и удовлетворяющих системе ограничений. В такой форме задача статической оптимизации часто называется задачей математического программирования.

1 Фирма как институт рациональной экономической деятельности

Термин	Классическая экономическая теория	Неоклассический и другие методы экономической теории
Целевая функция	Функция прибыли фирмы (валовой доход минус издержки), зависящая от выпуска продукции и от затрат факторов	Для тех предприятий, управляющие которых не являются владельцами, целевой функцией может быть объем продаж
Средства (инструменты)	Уровни выпуска продукции и затрат факторов	Уровень рекламной деятельности. Товарно-материальные запасы
Ограничения	Технологическое ограничение: выпуск продукции зависит от затрат факторов (производственная функция)	Задана кривая спроса, а не цены на выпускаемую продукцию (монополия). Заданы кривые предложения, а не цены на затраты факторов (монополия). Прибыль не может снизиться ниже определенного уровня. Действия других фирм (олигополия)
Нормативные правила	Приравнивайте предельные доходы от продуктов к ценам соответствующих факторов по всем видам затрат	Используйте для конкуренции не только цены, но и другие способы, например рекламу. Используйте товарно-материальные запасы так, чтобы обеспечить стабильность производства, несмотря на колебания уровня продаж

При формальной постановке задачи математического программирования основными являются понятия «инструментальных» переменных, допустимого множества и целевой функции.

Задача заключается в нахождении значений n переменных x_1, x_2, \dots, x_n , которые называются здесь «инструментами». Записанные в виде вектора-столбца

$$x = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix} = (x_1, x_2, \dots, x_n)',$$

они составляют вектор инструментальных переменных в n -мерном евклидовом пространстве E^n .

Термин «инструменты» заимствован из книги Я. Тинбергена «Теория экономической политики», автор которой отмечал, что орган, регулирующий народное хозяйство, может пользоваться различными средствами – «инструментами» (процентной ставкой, тарифами и т.п.) – для достижения определенных целей (сокращение безработицы, выравнивание платежного баланса и т.п.).

Если вектор инструментальных переменных x удовлетворяет ограничениям задачи, он называется допустимым, а множество всех допустимых векторов образует множество возможностей X . Такое множество является подмножеством E^n . Так как задача заключается в выборе вектора инструментальных переменных из допустимого множества, то в любой нетривиальной задаче (т.е. система ограничений совместна) оно является непустым и содержит, по крайней мере, две различные точки. Целевая функция – это краткое математическое изложение цели данной задачи. Обычно она представляет собой действительную непрерывно дифференцируемую функцию вектора инструментальных переменных

$$F = F(x) = F(x_1, x_2, \dots, x_n).$$

Общая задача математического программирования состоит в выборе вектора инструментальных переменных из множества возможностей, максимизирующего значение целевой функции:

$$\max_x F(x) \quad \text{при условии, что} \quad x \in X,$$

где X – подмножество n -мерного евклидова пространства.

Учитывая, что максимизация $F(x)$ эквивалентна максимизации $a + bF(x)$, $b > 0$, или минимизации $a + bF(x)$, $b < 0$, можно сделать вывод, что введение дополнительного слагаемого или положительного множителя в целевую функцию не изменяет задачи, в то время как отрицательный множитель может быть использован для преобразования задачи максимизации в задачу минимизации и наоборот (например, с помощью умножения $F(x)$ на -1).

Выделяются три основных вида общей задачи математического программирования: классическая задача математического программирования, задача нелинейного программирования и задача линейного программирования.

В классической задаче математического программирования все ограничения представляют собой равенства

$$\begin{cases} g_1(x) = g_1(x_1, x_2, \dots, x_n) = b_1; \\ g_2(x) = g_2(x_1, x_2, \dots, x_n) = b_2; \\ \vdots \\ g_m(x) = g_m(x_1, x_2, \dots, x_n) = b_m. \end{cases}$$

Функции $g_1(x)$, $g_2(x)$, ..., $g_m(x)$ – известные непрерывно дифференцируемые функции, называемые функциями ограничений; параметры b_1 , b_2 , ..., b_m – заданные действительные числа, называемые константами ограничений.

В векторной форме система ограничений записывается в виде

$$g(x) = b,$$

где $g(x)$ и b – m -мерные векторы-столбцы

$$g(x) = \begin{pmatrix} g_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ g_2(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ \vdots \\ g_m(x_1, x_2, \dots, x_n) \end{pmatrix}, \quad b = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_m \end{pmatrix}.$$

Задача классического программирования заключается в максимизации целевой функции при заданных ограничениях:

$$\max_x F(x) \quad \text{при условии, что} \quad g(x) = b. \quad (1)$$

В нелинейном программировании система ограничений состоит из условий двух типов: условий неотрицательности

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, \dots, x_n \geq 0,$$

и ограничений в виде неравенств

$$\begin{cases} g_1(x) = g_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq b_1; \\ g_2(x) = g_2(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq b_2; \\ \vdots \\ g_m(x) = g_m(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq b_m. \end{cases} \quad (2)$$

Запишем ограничения в векторной форме

$$x \geq 0, g(x) \leq b. \quad (3)$$

В этой записи предполагается, что функции ограничений $g_1(x), g_2(x), \dots, g_m(x)$ непрерывно дифференцируемые, константы ограничений b_1, b_2, \dots, b_m , как и раньше, заданные действительные числа, а 0 – вектор-столбец, состоящий из нулей. Вектор x , заданный условиями (3), является неотрицательным.

Задача нелинейного программирования заключается в нахождении неотрицательных значений переменных, удовлетворяющих условиям (2) и максимизирующих заданную функцию:

$$\max_x F(x) \quad \text{при условии, что} \quad g(x) \leq b, x \geq 0. \quad (4)$$

Наибольшее распространение в практике управления экономическими объектами имеют линейные модели. Хотя среди задач поиска оптимального решения линейные задачи занимают малое место. Основанием этому служат два основных момента.

Во-первых, большинство процессов в экономике имеют линейную природу и, следовательно, хорошо описываются линейными функциями. Исключением являются лишь накопление процентов на банковском счете и основанные на этом экспоненциальные процессы. Но это лишь небольшая часть из экономических проблем управления.

Во-вторых, математическая постановка задачи линейной оптимизации хорошо изучена и не представляет научных проблем.

В линейном программировании целевая функция является линейной формой

$$F(x) = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots + c_n x_n = cx,$$

где c – заданный вектор-строка констант

$$c = (c_1, c_2, \dots, c_n),$$

и имеются ограничения двух типов: условия неотрицательности

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, \dots, x_n \geq 0$$

и ограничения в виде неравенств

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1; \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2; \\ \vdots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m. \end{cases} \quad (5)$$

В векторной форме ограничения имеют вид

$$Ax \leq b, \quad x \geq 0,$$

где A – заданная матрица размерности $m \times n$

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix}.$$

Таким образом, задача линейного программирования заключается в нахождении неотрицательных значений переменных, удовлетворяющих ограничениям (5) и максимизирующих заданную линейную форму:

$$\max_x F(x) = cx \quad \text{при условии, что } Ax \leq b, \quad x \geq 0.$$

Следовательно, задача линейного программирования является частным случаем задачи нелинейного программирования, в которой целевая функция и функции ограничений линейны.

Динамическая задача оптимизации. Статической задачей рационального ведения хозяйства (рациональной экономической деятельности) мы называли ранее задачу распределения ограниченных ресурсов для достижения комплекса конкурирующих целей в некоторый определенный момент времени. Говоря языком математики, задача состоит в выборе из заданного допустимого множества значений ряда переменных, называемых средствами («инструментами») таких значений, при которых достигается максимум заданной целевой функции. Представленная в такой форме задача была названа нами задачей математического программирования.

Динамическая задача рационального ведения хозяйства – это задача распределения ограниченных ресурсов для достижения комплекса конкурирующих целей на протяжении некоторого промежутка времени от начального момента до конечного. Сформулируем эту задачу в математических терминах. Рассмотрим некоторые переменные величины, называемые управляющими параметрами. Задано некоторое множество функций времени, называемое множеством управления. Задача состоит в выборе управляющих параметров как функций времени, принадлежащих множеству управлений. Выбранные функции времени в свою очередь определяют, какой вид имеют функции времени некоторых других переменных, с помощью которых описывается поведение системы. Эти переменные называются фазовыми координатами. Значения фазовых координат в каждый момент времени выбираются таким образом, чтобы максимизировать заданный целевой функционал, зависящий от фазовых координат и управляющих параметров (и те и другие рассматриваются как функции времени). Функции времени для управляющих параметров и для фазовых координат связаны с помощью системы дифференциальных уравнений, называемых уравнениями движения. Задача, представленная в указанной форме, называется задачей управления.

При строгой формулировке задачи управления используются следующие понятия: время (момент времени), фазовые координаты, управляющие параметры, уравнения движения, определение конечного момента, целевой функционал.

Время t измеряется как непрерывная величина. Предполагается, что t изменяется в некотором фиксированном промежутке: от начального момента t_0 , который обычно известен, до конечного момента t_1 , который часто требуется определить. Следовательно, время задано на промежутке

$$t_0 \leq t \leq t_1.$$

Состояние системы в любой момент времени t из указанного промежутка характеризуется с помощью n вещественных чисел $x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)$, называемых фазовыми координатами. Составленный из фазовых координат n -мерный вектор-столбец

$$x(t) = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t))', \quad (6)$$

называемый фазовым вектором (фазовой точкой), можно геометрически интерпретировать как точку в n -мерном евклидовом пространстве E^n .

Каждая фазовая координата считается непрерывной функцией времени, поэтому фазовая траектория

$$\{x(t)\} = \{x(t) \in E^n \mid t_0 \leq t \leq t_1\}$$

представляет собой непрерывную вектор-функцию времени, значениями которой в каждый данный момент времени t из указанного промежутка являются фазовые векторы (6).

С геометрической точки зрения фазовая траектория представляет собой некоторую кривую, состоящую из точек пространства E^n . Началом этой кривой является фиксированное начальное состояние

$$x(t_0) = x_0, \quad (7)$$

а окончание – конечное состояние $x(t_1) = x_1$, которое во многих задачах требуется определить.

Выборы (решения), которые нужно осуществлять в каждый данный момент времени t из указанного интервала, характеризуются с помощью r вещественных чисел $u_1(t), u_2(t), \dots, u_r(t)$, называемых управляющими параметрами. Составленный из управляющих параметров r -мерный вектор-столбец

$$u(t) = (u_1(t), u_2(t), \dots, u_r(t))', \quad (8)$$

называемый управляющим вектором, можно интерпретировать геометрически как точку в E^n .

Управлением («траекторией управления») называется функция

$$\{u(t)\} = \{u(t) \in E^r \mid t_0 \leq t \leq t_1\}. \quad (9)$$

Требуется, чтобы каждый управляющий параметр являлся кусочно-непрерывной функцией времени. Поэтому управление представляет собой кусочно-непрерывную функцию времени. Значениями этой функции в каждый данный момент времени t из указанного промежутка являются управляющие векторы (8). С геометрической точки зрения управление представляет собой некоторую кривую, состоящую из точек пространства, причем эта кривая непрерывна всюду, за исключением, возможно, некоторого конечного числа точек разрывов первого рода.

Предполагается, что возможные значения управляющих параметров удовлетворяют некоторым ограничениям. Эти ограничения в общей форме состоят в том, что управляющий вектор в каждый момент времени из интервала $t_0 \leq t \leq t_1$ должен принадлежать некоторому фиксированному непустому подмножеству Ω r -мерного евклидова пространства

$$u(t) \in \Omega, \quad t_0 \leq t \leq t_1.$$

Обычно предполагается, что множество Ω (область управления) является выпуклым и компактным (т.е. замкнутым и ограниченным) и что оно инвариантно относительно времени. Управление (9) называется допустимым, если оно представляет собой кусочно-непрерывную вектор-функцию времени, значения которой в любой момент времени из указанного интервала принадлежат Ω . Множество управлений U – это множество всех допустимых управлений, т.е. таких управлений, которые являются кусочно-непрерывными функциями времени, заданными в промежутке $t_0 \leq t \leq t_1$, значения которых в любой мо-

мент из указанного промежутка принадлежат Ω . Управление должно принадлежать указанному множеству управлений, т.е.

$$\{u(t)\} \in U.$$

Фазовая траектория $\{x(t)\}$ определяется из уравнений движения, т.е. из системы дифференциальных уравнений, в которых скорость изменения каждой фазовой координаты

$$\dot{x}(t) = f(x(t), u(t), t)$$

представлена в виде функции фазовых координат, управляющих параметров и времени или в развернутом виде

$$\begin{aligned} \frac{dx_j}{dt}(t) = \dot{x}_j(t) = \\ = f_j(x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t); u_1(t), u_2(t), \dots, u_r(t); t), \quad j = 1, 2, \dots, n. \end{aligned} \quad (10)$$

Предполагается, что каждая из заданных n функций $f_1(\dots), f_2(\dots), \dots, f_n(\dots)$, является непрерывно дифференцируемой. Если дифференциальные уравнения (10) не зависят явно от времени, то уравнения движения называются автономными.

Фиксированные начальные значения фазовых координат (7) являются граничными условиями для уравнений движения. Если заданы начальные значения и управление $\{u(t)\}$, то существует единственная фазовая траектория $\{x(t)\}$, удовлетворяющая уравнениям движения и граничным условиям. Эту траекторию можно найти интегрированием дифференциальных уравнений при данных начальных условиях $x(t_0) = x_0$. Фазовая траектория, найденная в результате решения уравнений движения при данном начальном состоянии с использованием допустимого управления, называется допустимой, а любая фазовая точка на фазовой траектории, которую можно достичь за конечное время, называется достижимой.

Конечный момент времени t_1 определяется условием

$$(x(t), t) \in T \quad \text{при} \quad t = t_1,$$

где T – заданное подмножество в E^{n+1} , называемое конечной поверхностью.

Важными частными случаями задачи управления являются задача с фиксированным временем, когда конечный момент времени t_1 задан в явной форме как параметр задачи, и задача с закрепленным концом, когда $x(t_1)$ задан в явной форме как вектор параметров задачи.

Целевой функционал, максимум которого требуется найти, представляет собой отображение управлений (функций времени) на точки вещественной прямой. Этот функционал будет рассматриваться, как правило, в следующей форме:

$$J = J\{u(t)\} = \int_{t_0}^{t_1} I(x(t), u(t), t) dt + F(x_1, t_1). \quad (11)$$

Подынтегральная функция $I(\dots)$ показывает, что функционал зависит от фазовых координат и управляющих параметров, являющихся функциями времени, и от времени, т.е.

$$I(x, u, t) = I(x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t); u_1(t), u_2(t), \dots, u_r(t); t),$$

где $t_0 \leq t \leq t_1$.

Второе слагаемое $F(\dots)$ в выражении для функционала, которое мы назовем функцией конечных параметров, показывает, что функционал зависит от конечного состояния и от конечного момента времени:

$$F(x_1, t_1) = F(x_1(t_1), x_2(t_1), \dots, x_n(t_1); t_1).$$

Предполагается, что как $I(\dots)$, так и $F(\dots)$ являются фиксированными непрерывно дифференцируемыми функциями. Целевой функционал записан в (11) как функционал, зависящий от управлений, потому что если вектор-функция $f(\dots)$ и вектор x_0 заданы, то управление $\{u(t)\}$ определяет фазовую траекторию $\{x(t)\}$.

Задачу с целевым функционалом такого вида, как в (11), обычно называют задачей Больца. Если функция конечных параметров тождественно равна нулю, так что

$$J = \int_{t_0}^{t_1} I(x, u, t) dt, \quad (12)$$

то такую задачу называют задачей Лагранжа.

Задачу, в которой подинтегральная функция тождественно равна нулю, так что

$$J = F(x_1, t_1), \quad (13)$$

называют обычно задачей Майера.

Может показаться, что задача Больца является более общей, нежели задача Лагранжа или задача Майера, однако на самом деле все три задачи эквивалентны, что можно доказать с помощью соответствующих преобразований переменных.

Итак, общая задача управления состоит в следующем: требуется найти

$$\max_{\{u(t)\}} J = \int_{t_0}^{t_1} I(x, u, t) dt + F(x_1, t_1) \quad (14)$$

при условии, что $\dot{x} = f(x; u; t)$, t_0 и $x(t_0) = x_0$ фиксированы, $(x(t), t) \in T$ при $t = t_1$, $\{u(t)\} \in U$.

Геометрическая интерпретация заключается в том, что из множества допустимых фазовых траекторий, начало которых соответствует заданному начальному состоянию x_0 в начальный момент времени t_0 , требуется выбрать определенную фазовую траекторию, при этом необходимо учитывать, что каждая допустимая фазовая траектория осуществляется при использовании некоторого допустимого управления $\{u(t)\}$. Оптимальной траекторией $\{x^*(t)\}$ является такая допустимая фазовая траектория, заканчивающаяся на конечной поверхности, на которой достигается максимум целевого функционала.

Задачу управления можно считать задачей математического программирования в бесконечномерном пространстве. Рассмотрим следующую задачу управления:

$$\max_{\{u(t)\}} J = \int_{t_0}^{t_1} I(x, u) dt, \quad \dot{x} = f(x, u), \quad (15)$$

t_0 и $x(t_0) = x_0$ фиксированы, t_1 фиксирован, $\{u(t)\} \in U$.

Эта задача отличается от (14) следующими своими свойствами: она автономна, т.е. уравнения движения и целевой функционал не зависят явно от времени; данная задача относится к классу задач Лагранжа, так как целевой функционал не зависит от конечного состояния или от конечного момента времени; эта задача с фиксированным временем, так как t_1 задано, а $x(t_1)$ произвольно; задача содержит только один управляющий параметр и одну фазовую координату.

Заданный промежуток времени ($t_0 \leq t \leq t_1$) можно разбить на N интервалов равной длины $\Delta = (t_1 - t_0) / N$.

Время измеряется в дискретных единицах $t = T_0 + q\Delta$, где индекс q изменяется от 0 (что соответствует $t = t_0$) до N (что соответствует $t = t_1$). Состояния и управления замеряются в отмеченные дискретные моменты времени

$$x^q = x(t_0 + q\Delta), \quad u^q = u(t_0 + q\Delta).$$

Рассмотрим теперь задачу математического программирования с $N + 1$ переменной u^0, u^1, \dots, u^N :

$$\max_{u^0, u^1, \dots, u^N} J^N = \sum_{q=0}^N I(x^q, u^q)\Delta, \quad x^{q+1} - x^q = f(x^q, u^q)\Delta; \quad (16)$$

$$q = 0, 1, \dots, N-1, \quad x^0 = x_0, \quad u^q \in \Omega,$$

где Δ – фиксированный положительный параметр.

Пределом целевой функции этой задачи при N , стремящемся к бесконечности, и Δ , стремящемся к 0, и при фиксированной величине $N\Delta$, равной $(t_1 - t_0)$, является целевой функционал задачи (15), т.е.

$$\lim_{\substack{N \rightarrow \infty, \\ \Delta \rightarrow 0, \\ N\Delta = (t_1 - t_0)}} J^N = J.$$

При указанном переходе к пределу разностные уравнения в (16) превращаются в дифференциальные уравнения задачи (15). Таким образом, задачу управления можно считать задачей математического программирования в бесконечномерном пространстве. Этим пространством является множество всех кусочно-непрерывных вещественных функций $u(t)$, определенных на промежутке $t_0 \leq t \leq t_1$.

Основная теорема математического программирования – теорема Вейерштрасса, указывает условия, достаточные для существования максимума. Эти условия состоят в том, что целевая функция должна быть непрерывной, а допустимое множество – компактным. Обобщая эту теорему на случай бесконечномерного пространства, можно получить основную теорему существования для задач управления – обобщенную теорему Вейерштрасса. Согласно этой теореме, решение общей задачи управления (14) существует, если целевой функционал $J\{u(t)\}$ является непрерывным функционалом от функций управления и если подмножество U бесконечномерного пространства, к которому принадлежат управления, является компактным. Важным частным случаем, когда решения существуют, является задача, в которой функции $J(\dots)$ и $f(\dots)$ линейно зависят от u .

Динамическое программирование является одним из двух современных направлений в теории задач управления. Метод динамического программирования может применяться непосредственно при решении общей задачи управления:

$$\max_{\{u(t)\}} J = \int_{t_0}^{t_1} I(x, u, t) dt + F(x_1, t_1), \quad \dot{x} = f(x, u, t); \quad (17)$$

$$x(t_0) = x_0; \quad x(t_1) = x_1; \quad \{u(t)\} \in U.$$

Сущность подхода динамического программирования состоит в следующем: данная конкретная задача управления «погружается» в более широкий класс задач, которые характеризуются рядом параметров; затем с помощью центрального принципа – «принципа оптимальности» – определяется основное рекуррентное соотношение, связывающее задачи из этого класса. Если выполнены некоторые дополнительные предположения относительно гладкости участвующих в рассмотрении функций, то из главного рекуррентного соотношения вытекает основное дифференциальное уравнение в частных производных – уравнение Беллмана, – решая которое можно найти решение вышеупомянутого широкого класса задач. Вслед за этим, как частный случай, определяется и решение данной конкретной задачи.

Использование теории игр в практике управления. В последние годы значение теории игр существенно возросло во многих областях экономических и социальных наук. В экономике она применима не только для решения общехозяйственных задач, но и для анализа стратегических проблем предприятий, разработок организационных структур и систем стимулирования.

Уже в момент ее зарождения, которым считают публикацию в 1944 г. монографии Дж. Неймана и О. Моргенштерна «Теория игр и экономическое поведение», многие предсказали революцию в экономических науках благодаря использованию нового подхода. Эти прогнозы нельзя было считать излишне смелыми, так как с самого начала данная теория претендовала на описание рационального поведения при принятии решений во взаимосвязанных ситуациях, что характерно для большинства актуальных проблем в экономических и социальных науках. Такие тематические области, как стратегическое поведение, конкуренция, кооперация, риск и неопределенность, являются ключевыми в теории игр и непосредственно связаны с управленческими задачами.

Первые работы по теории игр отличались упрощенностью предположений и высокой степенью формальной абстракции, что делало их малопривлекательными для практического использования. За последние

10 – 15 лет положение резко изменилось. Бурный прогресс в промышленной экономике показал плодотворность методов игр в прикладной сфере.

В последнее время эти методы проникли и в управленческую практику. Вполне вероятно, что теория игр наряду с теориями трансакционных издержек и «патрон – агент» будет восприниматься как наиболее экономически обоснованный элемент теории организации. Следует отметить, что уже в 1980-х гг. М. Портер ввел в обиход некоторые ключевые понятия теории, в частности такие, как «стратегиче-

ский ход» и «игрок». Правда, эксплицитный анализ, связанный с концепцией равновесия, в этом случае еще отсутствовал.

Основные положения теории игр. Чтобы описать игру, необходимо сначала выявить ее участников. Здесь не всегда просто распознать всех игроков, т.е. действующих или потенциальных конкурентов. Практика показывает, что не обязательно идентифицировать всех игроков, надо обнаружить наиболее важных.

Игры охватывают, как правило, несколько периодов, в течение которых игроки предпринимают последовательные или одновременные действия. Эти действия обозначаются термином «ход». Действия могут быть связаны с ценами, объемами продаж, затратами на научные исследования и разработки и т.д. Периоды, в течение которых игроки делают свои ходы, называются этапами игры. Выбранные на каждом этапе ходы в конечном счете определяют «платежи» (выигрыш или убыток) каждого игрока, которые могут выражаться в материальных ценностях или деньгах (преимущественно дисконтированная прибыль).

Еще одним основным понятием данной теории является стратегия игрока. Под ней понимаются возможные действия, позволяющие игроку на каждом этапе игры выбирать из определенного количества альтернативных вариантов такой ход, который представляется ему «лучшим ответом» на действия других игроков. Относительно концепции стратегии следует заметить, что игрок определяет свои действия не только для этапов, которых фактически достигла конкретная игра, но и для всех ситуаций, включая и те, которые могут и не возникнуть в ходе данной игры.

Важна и форма представления игры. Обычно выделяют нормальную, или матричную, форму и развернутую, заданную в виде дерева.

Применение теории игр для принятия стратегических управленческих решений. **В качестве примеров здесь можно назвать решения по поводу проведения принципиальной ценовой политики, вступления на новые рынки, кооперации и создания совместных предприятий, определения лидеров и исполнителей в области инноваций, вертикальной интеграции и т.д. Положения данной теории в принципе можно использовать для всех видов решений, если на их принятие влияют другие действующие лица. Этими лицами, или игроками, необязательно должны быть рыночные конкуренты; в их роли могут выступать субпоставщики, ведущие клиенты, сотрудники организаций, а также коллеги по работе.**

Инструментарий теории игр особенно целесообразно применять, когда между участниками процесса существуют важные зависимости в области платежей.

Компаниям полезно в эксплицитном виде обдумывать возможные реакции партнеров по игре. Изолированные хозяйственные расчеты, даже опирающиеся на теорию принятия решений, часто носят, как в изложенной ситуации, ограниченный характер. К числу известных областей применения методов теории игр следует отнести также ценовую стратегию, соперничество компаний в области технологического лидерства, создание совместных предприятий, расчет времени разработки новой продукции.

Проблемы практического применения в управлении. Следует, однако, указать и на наличие определенных границ применения аналитического инструментария теории игр. В следующих случаях он может быть использован лишь при условии получения дополнительной информации.

Во-первых, это тот случай, когда у предприятий сложились разные представления об игре, в которой они участвуют, или когда они недостаточно информированы о возможностях друг друга. Например, может иметь место неясная информация о платежах конкурента (структуре издержек). Если неполнотой характеризуется не слишком сложная информация, то можно оперировать сопоставлением подобных случаев с учетом определенных различий.

Во-вторых, теорию игр трудно применять при множестве ситуаций равновесия. Эта проблема может возникнуть даже в ходе простых игр с одновременным выбором стратегических решений.

В-третьих, если ситуация принятия стратегических решений очень сложна, то игроки часто не могут выбрать лучшие для себя варианты. Легко представить более сложную ситуацию проникновения на рынок, чем та, которая рассмотрена выше. Например, на рынок в разные сроки могут вступить несколько предприятий или реакция уже действующих там предприятий может оказаться более сложной, нежели быть агрессивной или дружественной.

Экспериментально доказано, что при расширении игры до десяти и более этапов игроки уже не в состоянии пользоваться соответствующими алгоритмами и продолжать игру с равновесными стратегиями.

Отнюдь не бесспорно и принципиальное, лежащее в основе теории игр предположение о так называемом «общем знании». Оно гласит: игра со всеми правилами известна игрокам и каждый из них знает,

что все игроки осведомлены о том, что известно остальным партнерам по игре. И такое положение сохраняется до конца игры.

Но чтобы предприятие в конкретном случае приняло предпочтительное для себя решение, данное условие требуется не всегда. Для этого часто достаточны менее жесткие предпосылки, например «взаимное знание» или «рационализируемые стратегии».

Теория игр является очень сложной областью знания. При обращении к ней надо соблюдать известную осторожность и четко знать границы применения. Слишком простые толкования, принимаемые фирмой самостоятельно или с помощью консультантов, таят в себе скрытую опасность. Анализ и консультации на основе теории игр из-за их сложности рекомендуются лишь для особо важных проблемных областей. Опыт фирм показывает, что использование соответствующего инструментария предпочтительно при принятии однократных, принципиально важных плановых стратегических решений, в том числе при подготовке крупных кооперационных договоров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Гольштейн Е.Г. Использование логарифмических барьеров для отыскания седловых точек // Экономика и математические методы. 2003. № 2.
- 2 Малков У.Х., Гольштейн Е.Г., Соколов Н.А. Результаты экспериментального сравнения метода уровней и принципа разложения Данцига-Вульфа // Экономика и математические методы. 2003. № 2.
- 3 Заславский А.А., Малков У.Х., Седова С.В. Комбинированный метод решения задач целочисленного линейного программирования // Экономика и математические методы. 2003. № 1.
- 4 Крутиков В.Н., Петрова Т.В. Релаксационный метод минимизации с растяжением пространства в направлении субградиента // Экономика и математические методы. 2003. № 1.
- 5 Губанов В.А. Выделение нестационарной циклической составляющей из временных рядов // Экономика и математические методы. 2003. № 1.
- 6 Пересецкий А.А. О распространении коэффициента детерминации на общий случай линейной регрессии // Экономика и математические методы. 2002. № 4.
- 7 Воронков О.Г., Корхин А.С. Оценивание параметров распределенного лага с бесконечной структурой // Экономика и математические методы. 2002. № 4.
- 8 Коханенко И.К. Использование модифицированного метода Тагучи в анализе экономических систем // Экономика и математические методы. 2002. № 3.
- 9 Ершов Э.Б. Распространение коэффициента детерминации на общий случай линейной регрессии, оцениваемой с помощью различных версий метода наименьших квадратов // Экономика и математические методы. 2002. № 3.
- 10 Сизиков А.П. Об одном методе решения задач линейного программирования с переменными коэффициентами матрицы условий // Экономика и математические методы. 2002. № 3.
- 11 Меркулов В.И. Опыт применения термодинамических методов в экономике // Экономика и математические методы. 2002. № 2.
- 12 Седова С.В., Лебедев С.С. Новый алгоритм метода узловых векторов целочисленного программирования // Экономика и математические методы. 2002. № 1.
- 13 Котельников В.П. О распределениях значений производственной функции Кобба-Дугласа // Экономика и математические методы. 2001. № 4.
- 14 Седова С.В., Лебедев С.С. Метод узловых векторов для задач целочисленного программирования со специальными связями между целочисленными и непрерывными переменными // Экономика и математические методы. 2001. № 4.
- 15 Бэр К., Гольштейн Е.Г., Соколов Н.А. Метод отыскания седловой точки функции, область определения которой содержится в многограннике // Экономика и математические методы. 2001. № 3.
- 16 Строцев А.А. Модифицированный метод Брауна решения матричной игры «неклассического» типа // Экономика и математические методы. 2001. № 3.
- 17 Губанов В.А., Ковальджи А.К. Выделение сезонных колебаний на основе вариационных принципов // Экономика и математические методы. 2001. № 1.
- 18 Емец О.А., Емец Е.М. Отсечения в линейных частично комбинаторных задачах оптимизации на перестановках // Экономика и математические методы. 2001. № 1.
- 19 Кукушкин Н.С. Равновесие по Нэшу в играх с аддитивным агрегированием // Экономика и математические методы. 2000. № 4.

- 20 Бэр К., Гольштейн Е.Г., Соколов Н.А. Об использовании метода уровней для минимизации выпуклых функций, не все значения которых конечны // Экономика и математические методы. 2000. № 4.
- 21 Заславский А.А., Лебедев С.С. Метод узловых векторов в целочисленном программировании // Экономика и математические методы. 2000. № 4.
- 22 Кулагин О.А. Метод локальной оптимизации для решения задач многокритериального целочисленного программирования // Экономика и математические методы. 2000. № 3.
- 23 Заславский А.А. Применение модифицированного метода пометок для задач специального вида // Экономика и математические методы. 1999. № 4.
- 24 Седова С.В., Лебедев С.С. Решение одной задачи размещения с использованием узловых векторов разрешающих множителей // Экономика и математические методы. 1999. № 3.
- 25 Клейнер Г.Б., Пионтковский Д.И. О характеристике производственных функций Солоу // Экономика и математические методы. 1999. № 2.
- 26 Гольштейн Е.Г. Двойственный декомпозиционный метод решения общей задачи дробно-линейного программирования // Экономика и математические методы. 1999. № 1.
- 27 Заславский А.А., Лебедев С.С. Модифицированный метод пометок для задач булева программирования // Экономика и математические методы. 1998. № 4.
- 28 Доманский В.К., Крепс В.Л. Функция значений транспортной задачи и мультиномиальное распределение // Экономика и математические методы. 1998. № 4.
- 29 Герман О.В., Ефремов О.В. Алгоритм решения обобщенной задачи о покрытии // Экономика и математические методы. 1998. № 4.
- 30 Костина Л.П. Метод критического пути в многопроектных разработках с учетом ресурсов // Экономика и математические методы. 1998. № 3.
- 31 Вотяков А.А. Линейная оценка сложности двумерной задачи линейного программирования // Экономика и математические методы. 1998. № 3.
- 32 Заславский А.А. Решение целочисленной обобщенной транспортной задачи специальным методом ветвей и границ // Экономика и математические методы. 1998. № 2.
- 33 Френкин Б.Р. О несовместных задачах линейного программирования с несовместной двойственной задачей // Экономика и математические методы. 1998. № 1.
- 34 Гольштейн Е.Г. Об одном методе решения общей задачи дробно-линейного программирования // Экономика и математические методы. 1997. № 4.
- 35 Емец О.А. Об одном методе отсечения для задач комбинаторной оптимизации // Экономика и математические методы. 1997. № 4.
- 36 Скоков В.А. Варианты метода уровней для решения общих негладких задач выпуклого программирования и их анализ // Экономика и математические методы. 1997. № 4.
- 37 Немировский А.С. Метод решения общей задачи квазивыпуклого программирования // Экономика и математические методы. 1997. № 3.
- 38 Лебедев С.С. О методе упорядоченной индексации целочисленного линейного программирования // Экономика и математические методы. 1997. № 2.
- 39 Заславский А.А. Использование стратегии расслоения переменных в общих задачах целочисленного линейного программирования // Экономика и математические методы. 1997. № 2.
- 40 Гольштейн Е.Г., Соколов Н.А. Декомпозиционный метод решения производственно-транспортных задач // Экономика и математические методы. 1997. № 1.
- 41 Скоков В.А. Варианты метода уровней для минимизации негладких выпуклых функций и их численное исследование // Экономика и математические методы. 1997. № 1.
- 42 Смоляк С.А. О сравнении альтернатив со случайным эффектом // Экономика и математические методы. 1996. № 4.
- 43 Веденов Д.В., Гуриев С.М., Поспелов И.Г. О некоторых свойствах логарифмической функции полезности // Экономика и математические методы. 1996. № 2.
- 44 Омельченко И.Н., Разгуляев С.Ю. Решение задач управления запасами с помощью генетических методов // Информационные технологии. 2003. № 5.
- 45 Фелкер Р. Использование теории игр в практике управления // www.ptpu.ru/issues/5_99/18_5_99.htm.
- 46 Аллен Р. Математическая экономия. М.: Изд-во иностр. лит., 1963.
- 47 Ашманов С.А. Введение в математическую экономику. М.: Наука, 1984.
- 48 Кротов Ф.В. и др. Основы теории оптимального управления. М.: Высшая школа, 1990.
- 49 Понтрягин Л.С. Математическая теория оптимального управления. М.: Наука, 1976.

- 50 Экланд И. Элементы математической экономики. М.: Мир, 1983.
- 51 Карлин С. Математические методы в теории игр, программировании и экономике. М.: Мир, 1964.
- 52 Исследование операций в экономике / Под ред. Н.Ш. Кремера. М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1997.
- 53 Замков О.О., Толстопятенко А.В., Черемных Ю.Н. Математические методы в экономике. М.: ДИС, 1997.
- 54 Бирман И.Я. Оптимальная экономика. М.: Экономика, 1968.
- 55 Канторович Л.В., Горстко А.Б. Оптимальные решения в экономике. М.: Наука, 1972

1.2 ТЕОРИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ, ИССЛЕДОВАНИЕ ЕГО ВОЗМОЖНОСТЕЙ И ДИАПАЗОНОВ ПРИМЕНЕНИЯ: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ОТОБРАЖЕНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ В ВИДЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ И КОМПЬЮТЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ

Экономико-математические модели, наряду с информационными и экспертно-логическими системами, представляются в настоящее время неотъемлемыми инструментами теоретической и практической экономики. При этом сама по себе сфера экономико-математических исследований является весьма насыщенной, разнообразной и обширной, требующей знания и активного использования результатов различных разделов математики, системного анализа, теории измерений, хозяйственного права, социологии, статистики и, конечно, экономической теории. По сути дела данная сфера относится к фундаментальным основам экономических исследований, и ее развитие – необходимая предпосылка развития экономической науки в целом.

Экономико-математическое моделирование понимается как процесс построения, верификации, интерпретации и использования математических моделей для решения исследовательских или прикладных задач в области экономики. В свою очередь, под экономико-математической моделью понимается математическая конструкция, обладающая определенным сходством с объектом моделирования и предназначенная для получения новой информации о нем.

Объектной сферой экономико-математического моделирования является экономика, понимаемая в обоих смыслах этого слова – и как народное хозяйство или его часть, и как экономическая наука или тот или иной ее фрагмент. Вся эта сфера в целом может быть обобщенно представлена в виде триады, отражающей классическое сочетание представлений, действий и их результатов. Для экономики это соответственно экономическая теория (т.е. совокупность научно проработанных воззрений на процессы производства, распределения, потребления, их структуру, тенденции, взаимосвязи и факторы), экономическая политика (т.е. провозглашаемые или реально принимаемые экономические решения) и хозяйственная практика (реальное функционирование и состояние народного хозяйства).

Элементы триады «экономическая теория – экономическая политика – хозяйственная практика» в общем случае относительно самостоятельны и одновременно взаимосвязаны, причем связи между ними имеют двусторонний характер. Так, экономическая теория влияет не только на экономическую политику, но и непосредственно на хозяйственную практику. Это влияние осуществляется через ожидания, оценки, реакции, мнения, традиции, поведение экономических агентов различного уровня. В свою очередь, на экономическую теорию оказывает влияние не только хозяйственная практика (через научное обобщение и стилизацию реальных экономических феноменов), но и экономическая политика – с помощью целенаправленного или неосознанного формирования спроса на те или иные теоретические системы, а также через объективный анализ процессов принятия решений и их формирование.

Графическое отображение данной триады вместе с взаимосвязями ее элементов должно иметь вид двумерной фигуры – треугольника (рис. 1), в котором каждая пара вершин имеет относительно независимую от других двустороннюю связь.

Желательным является такое состояние треугольника на рис. 1, при котором экономическая теория, хозяйственные решения и реальная экономическая практика образуют целостную систему, находятся в диалектическом единстве, взаимно обогащают, направляют и поддерживают друг друга. Устойчивость, органически присущая треугольнику как системе, должна обеспечивать поступательное эволюционное развитие экономики в целом.

Процессы разработки и применения экономико-математических моделей должны обеспечивать аккумуляцию и интеграцию в моделях разнообразной и разнокачественной эмпирической, теоретической и субъективной информации, а также перемещение информации из одной сферы в другую.

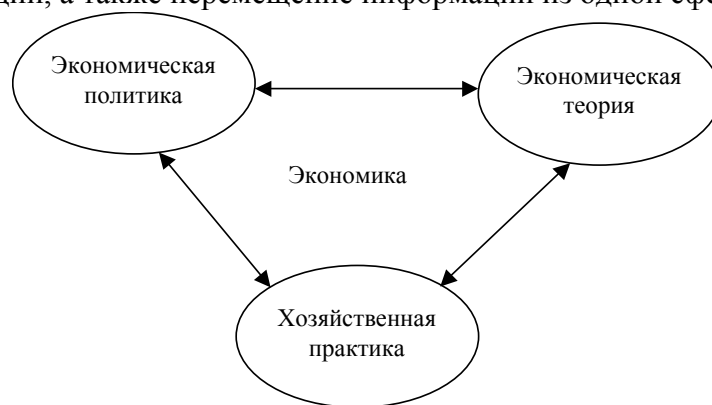


Рис. 1 Взаимосвязь основных компонент функционирования экономики

Для того чтобы экономико-математическое моделирование могло играть такую роль, необходимо выполнение, по крайней мере, двух основных условий. Во-первых, экономико-математическое моделирование должно быть однозначно идентифицировано и институализировано как самостоятельный вид научно-прикладной деятельности, не погружаемый полностью ни в экономическую теорию (в собственном ее смысле), ни в принятие решений, ни в хозяйственную практику. Во-вторых, экономико-математические модели должны удовлетворять определенным требованиям к качеству.

В отечественной экономической науке математическая модель является скорее «гостьей», чем «хозяйкой» большинства экономических публикаций, хотя пропорции между «математизированными» и «нематематизированными» работами явственно меняются в пользу первых. Однако главное отличие ее от западной экономической науки состоит не в этом, а в характере использования экономико-математических моделей в отечественной экономической науке. Традиция применения математического аппарата со времен первых работ Л.В. Канторовича идет здесь от прикладной, менеджериальной экономической науки, по существу, от того, что называется на Западе «operation research». Отличие здесь в том, что теоретические модели западных экономистов строятся в основном для объяснения тех или иных феноменов, поиска более или менее удовлетворительно объясняющих изменения данной переменной факторных зависимостей, в то время как российская школа «математизированных» экономистов в большей степени ориентировалась не на объяснение, а на предписание, иными словами, на оптимизацию конкретных решений. Это требует адекватности модели не столько по отношению к проверяемой или используемой в качестве базиса теории, сколько по отношению к характеру функционирования реального экономического объекта.

Модели объектов. По сути, каждая используемая или предназначенная для использования в экономических исследованиях или хозяйственно-управленческой практике экономико-математическая модель является относительно автономным и самостоятельным объектом, который невозможно погрузить полностью ни в экономическую теорию, ни в экономическую политику, ни в практику (конечно, и в математику), хотя данный объект и связан с ними двусторонними взаимодействиями.

Отсюда вытекает, что экономико-математическую модель следует рассматривать как самостоятельный исследовательский объект (в каком-то смысле подобный субъекту в экономике), который может быть ответчиком (т.е. отвечать определенным требованиям) и адекватным истцом (т.е. предъявлять определенные требования к экономической теории, экономической информации и т.п.) в некоем «научном суде». Для этого модель должна обладать вполне определенной атрибутикой, включая паспорт модели, который был бы однозначным идентификатором моделей, позволяя отличать одну модель от другой.

Структура верхнего уровня для классификации информации, отражаемой в паспорте модели, следующая.

- 1 Описание (указание) номинального объекта моделирования (или класса объектов).
- 2 Перечень аспектов рассмотрения объекта, т.е. указание тех сторон функционирования объекта, которые призвана отражать модель.
- 3 Указание целей и задач, для решения которых строится модель, вопросов, на которые необходимо дать ответ с ее помощью.

4 Системное описание объекта моделирования, включающее выбор актуального объекта моделирования и представление его в виде реляционной системы; при этом должны быть четко сформулированы экономико-математические предпосылки, принимаемые при моделировании для упрощения.

5 Описание математического аппарата, используемого при конструировании модели, состава переменных, их соотношений и других элементов модели.

6 Способы (отображения) инструментальной и функциональной идентификации, использованной при построении модели.

7 Способ (отображение) интерпретации элементов модели, границы допустимой интерпретации тех или иных элементов модели.

Процесс построения и использования моделей конкретных объектов в общем виде представлен на рис. 2. Здесь отображены основные объекты, имеющие значение для моделирования (объект и субъект моделирования, цель построения модели, математический аппарат – исходные конструкции для построения и идентификации модели), и процессы, реализуемые в ходе построения и использования модели. К их числу относятся:

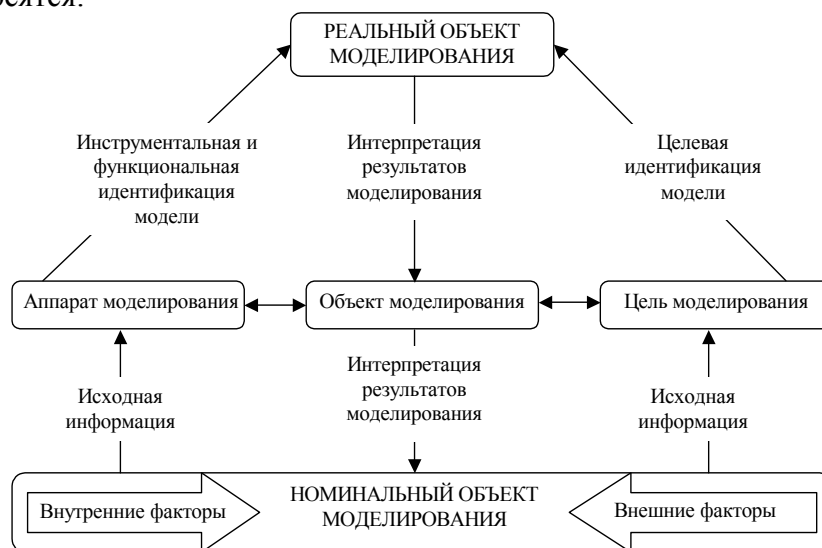


РИС. 2 СХЕМА ПОСТРОЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КОНКРЕТНОГО СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

- инструментальная и функциональная идентификация модели – выбор (определение) типа и параметров математической конструкции, представляющей модель;
- целевая идентификация модели – определение и спецификация тех элементов конструкции, которые служат входными переменными при использовании модели для получения той или иной информации;
- интерпретация модели – определение и спецификация тех элементов конструкции, которые служат выходными переменными при использовании модели для получения той или иной информации.

Отметим необходимость различать реальный и номинальный объекты моделирования. Желательным (номинальным) объектом моделирования может быть, скажем, конкретное предприятие, имеющее название, адрес и т.п., в то время как в модели по необходимости будет отражаться не только само это предприятие, но и фрагменты внешней для него среды (связи с поставщиками, потребителями, административными органами и т.п.), функционирование которых играет роль внешних факторов. Точно так же реальный объект моделирования может не совпадать с номинальным, если при построении и применении модели используется информация, относящаяся к части номинального объекта (например, в случае предприятия – деятельности только сборочного цеха).

Модель как преобразователь информации. По содержанию исходную информацию, используемую при построении экономико-математических моделей, можно разделить на общетеоретическую (научные теории, описывающие классы изучаемых экономических объектов или процессов), предметно-теоретическую (предпосылки относительно класса изучаемых экономических объектов или процессов, принимаемые при построении модели), объектную, относящуюся главным образом к моделируемому объекту или классу таких объектов, – значения показателей, оценки их достоверности, инструменталь-

ную, относящуюся к приемам, методам и инструментам моделирования, и целевую, характеризующую цели и задачи исследования, в том числе – сферу применения модели. Инструментальная информация, которой владеет исследователь и которая определяет круг возможных методов и приемов на различных этапах моделирования – от проведения наблюдений и оценки степени определенности или характера неопределенности исходных данных до алгоритмов оценивания параметров модели – часто носит субъективный характер. Существуют цепочки «задача – модель – алгоритм – компьютерная программа», охватывающие весь комплекс моделирования и использования модели.

Важно, что принадлежность модели к той или иной категории (модели теории или модели объекта) невозможно определить ни по виду модели (даже если в уравнениях модели используются числовые коэффициенты), ни по декларируемому целевому назначению. Для этого необходимо знать состав информации, которая использовалась при построении модели, и способ ее использования. При этом необходимо знание не только базисных теоретических положений, на которых основана модель, вроде перечня факторов производства для производственной функции, но и значительно более конкретных предпосылок, касающихся особенностей протекания технологических, социальных и хозяйственных процессов в сфере объекта моделирования.

Каждая модель есть сплав объективных данных, субъективных сведений и традиционных приемов, а также инструментальных, т.е. заключенных в самом «строительном материале» – математических конструкциях. Понятно, что интерпретация компонентов такой модели применительно к объекту моделирования затруднена, если не знать структуры и объема исходной информации.

В итоге каждый раз при построении модели есть много шансов, что построенная модель будет носить субъективный или конвенциональный (т.е. обусловленный гласным или негласным соглашением исследователей-модельеров) характер.

Корректное построение и эффективное применение экономико-математических моделей должно быть предметом самостоятельной научной дисциплины: экономико-математического моделирования, которая так же, как и экономика имеет свою теоретическую, «политическую» (т.е. методическую) и практическую (т.е. результативную – применение моделей в экономике) части. Возникает «экономико-математический» треугольник «теория моделирования – методология и методика моделирования (т.е. решения, принимаемые в ходе моделирования) – практика построения и применения моделей», аналогичный «экономическому» треугольнику на рис. 1. Между элементами этих двух конфигураций существуют связи (на схеме рис. 3 – пунктирные стрелки), причем в реальности эти связи должны опосредовать те взаимовлияния теории, политики и практики, которые обозначены сплошными стрелками на верхнем треугольнике. В свою очередь, вершины «экономического» треугольника опосредуют связи между элементами «модельного» треугольника.

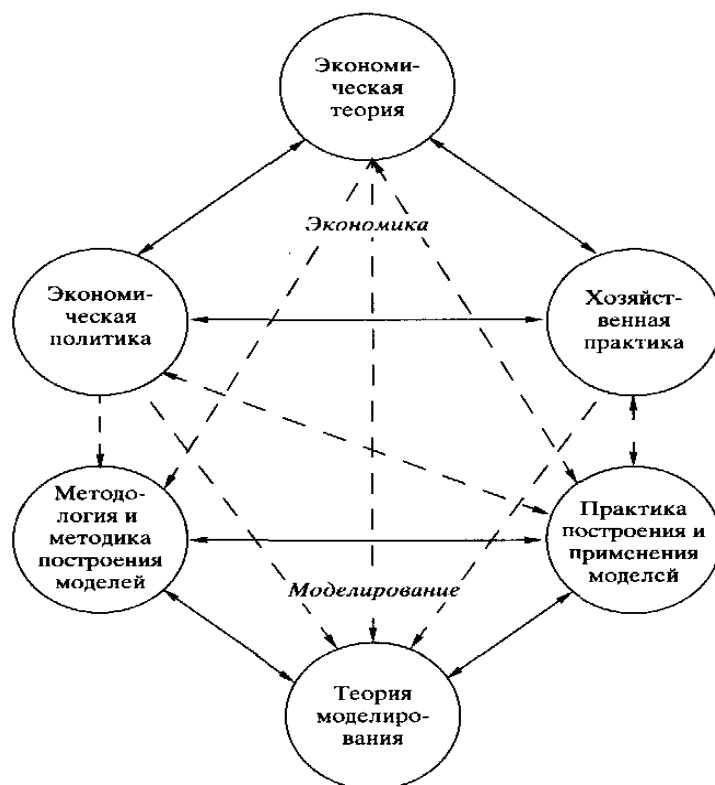


Рис. 3 Взаимосвязь компонент «экономического» и «экономико-математического» треугольников

Эффективность и качество экономико-математических моделей. В общем случае качество экономико-математической модели составляют взаимодополняющие характеристики адекватности и эффективности моделей [28], которые можно трактовать как согласованность информации, отражающей функциональные возможности модели, с имеющейся у исследователя информацией о реальном объекте моделирования и информацией о целях моделирования. Обобщенные факторы, определяющие уровень этих характеристик, приведены на рис. 4.

Понятие адекватности модели непосредственно опирается на определение объекта моделирования, в то время как понятие эффективности – на цели моделирования. Несмотря на многодесятилетнее развитие математических методов описания экономики, приходится заключить, что универсальных и апробированных методов проверки адекватности

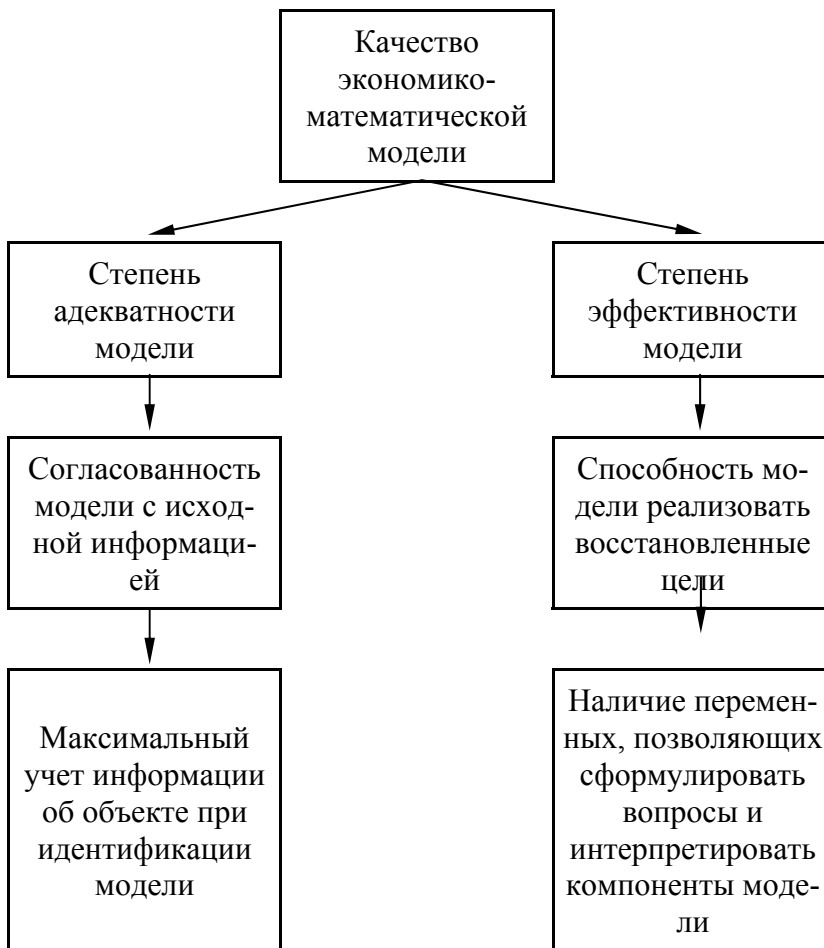


Рис. 4 Факторы качества экономико-математической модели конкретного объекта

построенной модели пока не существует. Некоторое исключение составляет статистический подход к моделированию, опирающийся на понятие вероятности [24]. Однако само по себе предположение, что к рассматриваемым экономическим явлениям приложимо понятие вероятности, далеко не очевидно и несколько не уменьшает число исходных предпосылок и условностей модели [14]. Затруднительна и объективная количественная оценка соответствующих вероятностных распределений. Часто предлагается в таких случаях использовать субъективную вероятность. Это, однако, не только увеличивает субъективную составляющую в составе исходной (и, соответственно, выходной) информации, но и вынуждает решать нелегкие проблемы согласования приписываемых данным событиям вероятностей с вероятностной картиной смежного с исследуемой сферой мира. Сам выбор между стохастическими и иными моделями при отражении присущей реальному миру неопределенности имеет неизбежно субъективный характер.

В ИТОГЕ ПРОЦЕСС И РЕЗУЛЬТАТ ПОСТРОЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИ ЛЮБОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КОНКРЕТНОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА, ДАЖЕ ПОСТРОЕННОЙ НА БАЗЕ ОБЩЕПРИЗНАННОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ, СОДЕРЖИТ ЗНАЧИТЕЛЬНУЮ ДОЛЮ СУБЪЕКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ.

Естественно, что и рекомендации, основанные на модельных расчетах с использованием таких моделей, не могут быть вполне объективными.

К сожалению, вопросы анализа априорной и апостериорной адекватности и эффективности тех или иных моделей, способов их спецификации, идентификации параметров моделей находятся сейчас в стороне от фокуса внимания экономической науки. Между тем именно здесь скрыты значительные резервы сближения теоретической и прикладной экономики. Именно методология моделирования должна стать основной темой экономико-математических методов как самостоятельного научного направления.

Из изложенного выше анализа связи экономико-математического моделирования с экономической теорией, политикой и практикой выводятся три направления повышения качества экономико-математических моделей и эффективности их применения в развитии экономической теории, принятии решений и хозяйственной практике.

Первое направление связано с расширением арсенала инструментально-математических средств моделирования: выводом и обоснованием новых функциональных форм моделей и критериев оценивания параметров, новых принципов проверки их адекватности. Это является предпосылкой уменьшения инструментальной части используемой информации, образно говоря, вывода из «теневой сферы» в сферу явно обсуждаемой экономической теории, политики или практики ряда проектных решений и действий, предпринимаемых в ходе моделирования.

Развитие экономико-математического моделирования как самостоятельной дисциплины призвано уменьшить долю субъективной или инструментальной (неявно закладываемой в модель) информации. Поэтому второй путь совершенствования адекватности и эффективности экономико-математического моделирования – это учебно-практическая подготовка и развитие самого субъекта моделирования, возможности восприятия, внутренней интеграции и использование им в моделях большого объема разнообразной информации об изучаемом объекте моделирования.

Для того чтобы выявить имеющиеся здесь закономерности, поднять когнитивные процессы с интуитивного на научный уровень, необходима соответствующая научная деятельность. По сути, речь идет о создании новой научной дисциплины – экономико-математической когнитивной психологии. Объектом ее изучения является исследователь, разрабатывающий и/или применяющий экономико-математические модели, а предметом изучения – закономерности отбора, интерпретации и использования в моделях фактической и теоретической информации, а также результаты моделирования.

Наконец, третье направление определяется необходимостью разработки принципиально новых способов использования в модели многообразной, разномасштабной и разнокачественной исходной информации об изучаемом объекте. К сожалению, здесь есть много препятствий. Некоторые имеют инструментальный характер. Так, традиционные технологии моделирования ориентированы обычно на учет количественной статистической информации и не позволяют учесть косвенную, качественную информацию, поступающую из различных источников [14]. Другие трудности связаны с разнородностью и разной степенью достоверности исходной информации [13].

Вот неполный перечень источников информации, которая может (и должна) участвовать в качестве исходной при построении экономико-математических моделей: система статистического учета, бухгалтерский, оперативный и управленческий учет, налоговый учет, антимонопольный учет; нормативно-правовая база федерального уровня, субъектов федерации, местного самоуправления, предприятий и организаций; контракты, соглашения, протоколы о намерениях; результаты опросов и интервьюирования экономических субъектов, в том числе рейтинги; кадастры, классификаторы, карты, географические справочники; публикации в СМИ; личный опыт, наблюдения и устная информация, получаемая в процессе личных контактов; психологические наблюдения и исследования, аксиологическая (ценностная) информация; художественная литература, живопись, театральное и киноискусство, музеи; естественный и профессиональный язык, его состояние и тенденции развития; электронные хранилища данных, Интернет; дипломатические документы, мемуарные свидетельства, архивы, данные разведки; научная литература.

Кроме того, большое значение имеют сведения о достоверности, неопределенности, вероятности, значимости, ценности различных элементов информации, т.е. метаинформация, предназначенная для организации экономической информации.

Каждый из этих источников сам по себе может быть недостоверным, но в совокупности сопоставление информации, полученной из этих источников, в состоянии создать достаточно адекватную картину экономики. Однако для этого необходима методология и методика анализа возможностей комплексирования и взаимного влияния этих видов информации. К сожалению, на сегодняшний день эта методология отсутствует.

Назрела необходимость создания новой информационно-экономической дисциплины – экономического источниковедения. Экономическое источниковедение – наука о методологии изучения состава, доступности и надежности источников экономической информации и о самой этой информации, способах и методах ее извлечения, достоверности получаемых данных и возможностях их использования. Издавна известно и активно развивается историческое источниковедение; возрастание количества источников, видов доступа и недостоверность экономической информации также указывает на необходимость создания специальной дисциплины, подобной историческому источниковедению, но ориентированной на экономические данные.

В настоящий момент усиливается осознание того, что проблемы построения моделей зависимостей между экономическими показателями так же, как и общеметодологические проблемы построения экономико-математических моделей, в настоящее время далеки от окончательного решения. Отсутствие единой и обоснованной методологии и методики моделирования создает ситуацию, в которой различные модели одного и того же объекта с трудом поддаются проверке на адекватность, сравнению, не допускают возможности системного комплексирования и т.д. В результате рекомендации, выдаваемые на основе модельных расчетов как для теории, так и для экономической политики и практики, часто не достигают до минимального уровня объективности и имеют весьма субъективный характер.

Оптимизационные и имитационные модели. С одной стороны, теоретические научные программы пытаются распознать внутреннюю структуру, заложенную в многочисленных формах проявления реальности, сформулировать по возможности простые и обобщенные гипотезы о причинно-следственных связях и закономерностях, проверить их эмпирически и воплотить в разъяснительных и прогнозных моделях.

С другой стороны, задачей экономической науки является содействие принятию решений. Это означает, что модели принятия решения по целям и средствам должны разрабатываться как основа рекомендаций для действий по решению практических проблем. Здесь в качестве базиса незаменимы разъяснительные модели. Если мы хотим знать, как можно формировать действительность, то должно быть известно, какими свойствами она обладает.

Процесс познания в экономических науках можно представить следующим образом.

Теоретическое исследование:

- выдвижение гипотезы о закономерностях типа «действие – причина»;
- формулирование причинно-следственных связей;
- эмпирическая проверка;
- построение разъяснительной и прогнозной моделей.

Технологическое исследование:

- выработка рекомендации для дальнейших действий типа «цели – средства их достижения»;
- создание модели поддержки принятия решений.

Классические модели принятия решений всегда являются оптимизационными, так как нацелены на максимизацию выгоды или прибыли. Они построены таким образом, чтобы можно было использовать оптимизационный алгоритм и получить оптимальную практическую рекомендацию. Их недостаток заключается в вынужденном упрощении действительности, поскольку определение параметров модели должно быть ориентировано на обеспечение возможности выработки решений. Поэтому полученные рекомендации часто теряют практическую ценность. Тем не менее оптимизационные модели по сравнению с интуитивными умозрительными моделями менеджеров имеют значительные преимущества:

- не допускают логических ошибок, так как могут быть математически проверены на наличие нарушений логики;
- являются бескомпромиссными и не содержат ничего лишнего, сводят проблему к ее сути и содействуют выражению основополагающих взаимосвязей целей и средств.

Математические модели обеспечивают систематическое осмысление проблем и позволяют одновременно учитывать все влияющие на них факторы. Вместе с тем, раскрывая все предпосылки, они становятся более уязвимыми для критики по сравнению с умозрительными моделями, где исходные пункты рассуждений формулируются их создателями.

Все же близкие к практике рекомендации могут быть получены, если при построении модели принятия решений изначально отказаться от применения оптимизационных алгоритмов и придать большее значение учету существенных структурных элементов наблюдаемого фрагмента реальности. В результате формируется имитационная модель принятия решений. Она решается не аналитически, а экспериментально или эвристически, что вследствие резкого увеличения расчетов требует использования электронно-вычислительной техники. Благодаря компьютерным технологиям неожиданно для многих возрождается и математическое модельное мышление. С помощью имитации могут быть найдены удовле-

творительные решения сложных проблем, тогда как оптимизационные модели позволяют получить оптимальные решения только для проблем с простой структурой. Особенности оптимизационной и имитационной моделей показаны на рис. 5.

Широкие возможности компьютерного имитационного моделирования приводят к разработке все более сложных конструкций моделей. Это порождает дополнительные проблемы не только для программиста, но и для пользователя. Количественное определение параметров модели сталкивается со все большими трудностями. Поэтому часто приходится обращаться за недостающей информацией к экспертам, что при масштабных моделях со многими параметрами существенно усиливает спекулятивную природу практических рекомендаций.

Модели принятия решений могут лишь ограниченно отразить действительность не только из-за дефицита данных и несовершенства теорий, но прежде всего ввиду огромного разнообразия явлений и связей в реальной хозяйственной жизни.

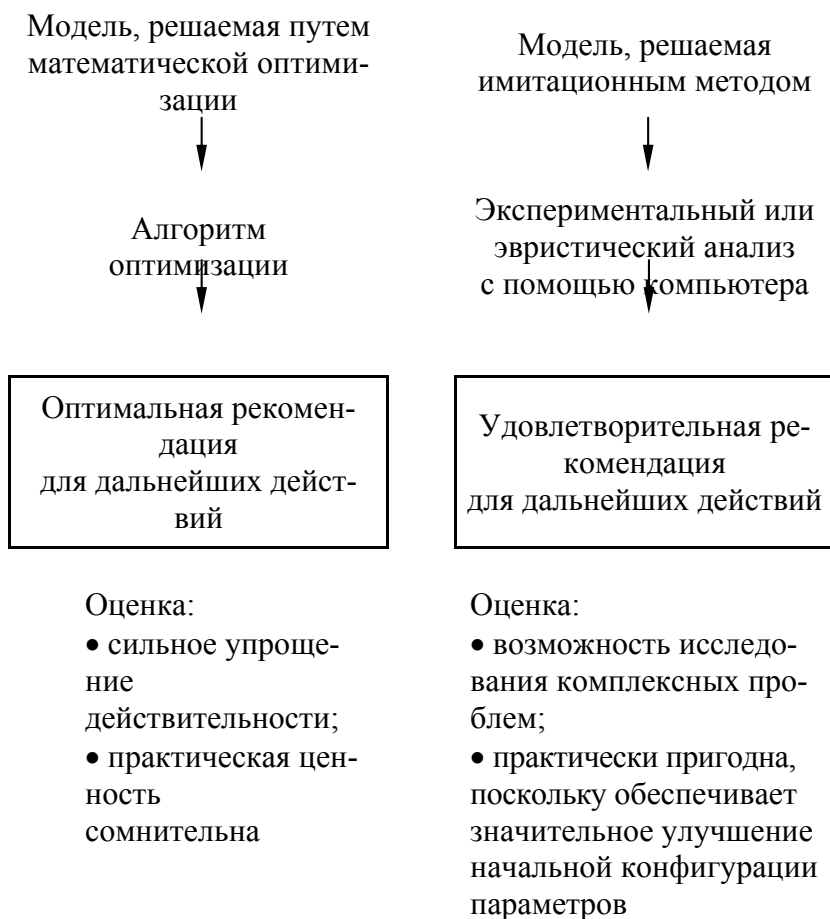


Рис. 5 Модели поддержки принятия решений

Наконец, модели принятия решений должны постоянно подтверждать свою полезность как дополнение к чисто умозрительной модели. Это удастся все чаще, но пока не всегда. Однако в принципе модели имеют все предпосылки, чтобы служить менеджерам в качестве вспомогательного средства, а не как «абсолютное знание». Они способствуют лучшему пониманию реальных проблем, помогают при разработке альтернатив, упрощают их проверку и облегчают оценку интуитивных проектов и существующих моделей поведения.

У математических моделей есть и дидактическая задача. Разработчики совершенствуют свой образ мышления, так как модели позволяют знакомиться со структурой и логикой решаемых проблем и оттачивают аналитические мыслительные способности. Таким образом, интуитивная умозрительная модель получает твердую основу. При поиске проблемных решений можно научиться более целенаправленно и систематизированно продвигаться вперед и ставить под сомнение якобы надежные наблюдения.

В целом модели и теории, которые формулируются и решаются с помощью математических методов, представляют собой неотъемлемую составляющую диалога между теорией и практикой. В условиях быстро меняющихся постановок проблем, когда сегодняшние решения завтра уже не пригодны, требуются не только готовые к непосредственному использованию знания, но и умственная динамика, кругозор, компетентность, а также готовность постоянно критически оценивать свои знания.

При построении моделей исследователю необходимо последовательно пройти следующие этапы моделирования.

1 Постановка задачи и обоснование критерия оптимальности. На данном этапе необходимо сформулировать задачу, провести качественный и количественный анализ моделируемого объекта, оценить возможность сбора достоверной информации. Для выбора критерия оптимальности необходимо провести сравнение возможных критериев и выбрать соответствующий задачам эксперимента критерий.

2 Разработка структурной математической модели. На данном этапе производится выбор метода решения поставленной задачи, определяются учитываемые ограничения и участвующие в них переменные, производится унификация символики и подбираются аналоги в постановке задачи.

3 Сбор и обработка информации. Наиболее трудоемкий этап для большинства задач. Необходимо классифицировать и выверить собранную информацию, провести занесение ее в созданные базы данных, сформировать дубликаты баз, провести контрольное суммирование и т.д.

4 Построение числовой модели. Запись задачи в соответствии с принятыми обозначениями и с учетом единиц измерения для конкретной программы расчета на ЭВМ.

5 Решение задачи на ЭВМ. Включает в себя отладку, исправление синтаксических ошибок, контрольные прогоны задачи на известных тестовых примерах, получение исчерпывающей выходной информации на твердых носителях или в электронной форме на дискетах для чтения на своем компьютере в форме, удобной для представления отчета.

6 Анализ решения. Оценка адекватности полученного решения. Ретроспективные расчеты по модели, сопоставление с имеющимися результатами других исследователей, предыдущими данными, расчетами по другим моделям, экспертными оценками и т.д. Подготовка и редактирование данных для отчета.

7 Корректировка задачи при установлении неадекватности. Определение областей применимости модели, границ параметров по каждому эндогенному параметру и областей применимости модели по экзогенным параметрам.

8 Написание отчета по исследованию модели, подведение итогов, формулирование выводов и предложений, построение прогнозов развития исследуемого объекта, выявление связей между основными параметрами и результирующим показателем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Клейнер Г.Б. К методологии моделирования принятия решений экономическими агентами // Экономика и математические методы. 2003. № 2.

2 Данилов-Данильян В.И. Устойчивое развитие (теоретико-методологический анализ) // Экономика и математические методы. 2003. № 2.

3 Клейнер Г.Б. Экономико-математическое моделирование и экономическая теория // Экономика и математические методы. 2001. № 3.

4 Елисеева И.И. Клейнер Г.Б., Смоляк С.А. Эконометрические зависимости: принципы и методы построения // Экономика и математические методы. 2001. № 1.

5 Багриновский К.А., Тренев Н.Н. Моделирование процессов адаптации экономических систем // Экономика и математические методы. 1999. № 2.

6 Терехов А.И. Математическое моделирование конкуренции в сфере НИОКР (обзор) // Экономика и математические методы. 1999. № 1.

7 Левин М.И., Цирик М.Л. Коррупция как объект математического моделирования // Экономика и математические методы. 1998. № 3.

8 Шмален Г. Математические модели в экономических исследованиях на предприятии // www.ptpu.ru/issues/3_98/16_3_98.htm.

9 Альбрехт Е.Г. Методика построения и идентификации математических моделей макроэкономических процессов // <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2002/005.pdf>.

10 Петров А.А., Поспелов И.Г., Шананин А.А. Опыт математического моделирования экономики. М.: Энергоиздат, 1996.

11 Иванчиков Ю.П., Лотов А.В. Математические модели в экономике. М.: Наука, 1979.

12 Самарский А.А., Михайлов А.Л. Математическое моделирование. М.: Наука, 1997.

13 Бергстром А. Построение и применение экономических моделей. М.: Прогресс, 1970.

14 Лебедев В.В. Математическое моделирование социально-экономических процессов. М.: Изд-граф, 1997.

15 Занг В.-Б. Синергетическая экономика. М.: Мир, 2000.

16 Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики. М.: ЮНИТИ, 2000.

17 Айвазян С.А. Интеллектуализированные инструментальные системы в статистике и их роль в построении проблемно-ориентированных систем поддержки принятия решений // Обозрение прикладной и промышленной математики. 1997. Т. 4. Вып. 4.

18 Нельсон Р., Уинтер С. Эволюционная теория экономических изменений. М.: Финстатинформ, 2000.

1.3 РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МАКРОМОДЕЛЕЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ В УСЛОВИЯХ РАВНОВЕСИЯ И НЕРАВНОВЕСИЯ, КОНКУРЕНТНОЙ ЭКОНОМИКИ, МОНОПОЛИИ, ОЛИГОПОЛИИ, СОЧЕТАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ СОБСТВЕННОСТИ

Функции спроса и предложения являются основными составляющими модели рынка товаров, поскольку они – по предположению – представляют собой решения оптимизационных задач, которые возникают перед участниками («покупателями» и «товаропроизводителями»). Пересечение графиков функций спроса и предложения происходит в точке равновесия (рис. 1); соответствующая этой точке цена

$P = P_e$ называется равновесной.

Если цена на рынке выше равновесной, то предложение превышает спрос и возникает затоваривание. В этой ситуации товаропроизводители (продавцы) многих видов товаров готовы пойти на снижение цены с целью привлечения большего числа покупателей (например, если речь идет о скоропортящихся продуктах: свежей рыбе и пр.). Следовательно, при значениях цены выше равновесной происходит давление на нее в сторону уменьшения.

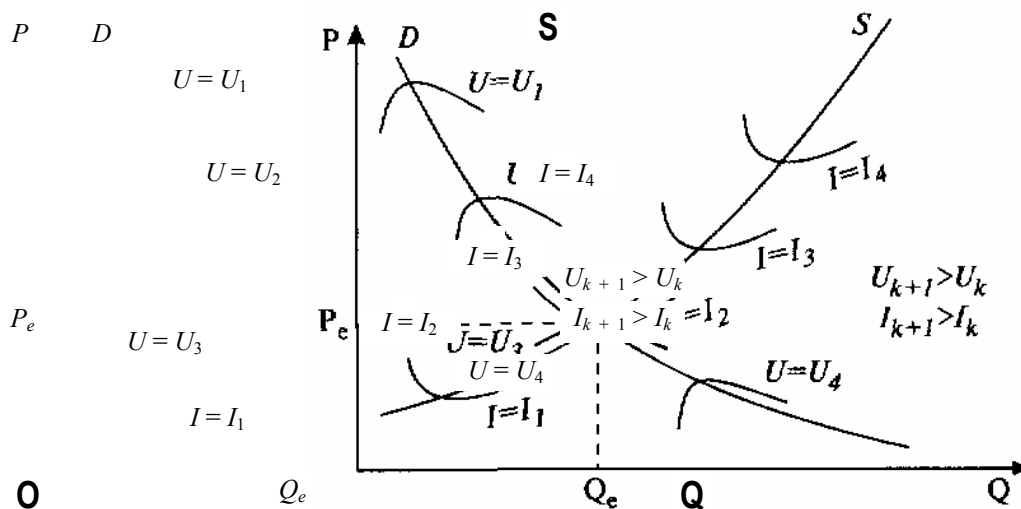


Рис. 1 Равновесие на рынке товара одного вида

Если же цена на рынке ниже равновесной, то спрос превышает предложение и товар является дефицитным. В этой ситуации часть покупателей готова заплатить за товар более высокую цену, но снизить риск и с уверенностью приобрести товар (например, если покупатели образуют очередь, то стоящие в конце ее могут оказаться без товара). Таким образом, при значениях цены ниже равновесной происходит давление на нее в сторону увеличения.

Эти две тенденции приводят к тому, что на рынках многих видов товаров, как правило, устанавливается равновесие, при котором спрос равен предложению. В силу свойств кривых спроса и предложения равновесное решение является устойчивым в том смысле, что если цена строго фиксирована и равна равновесной $P = P_e$, то товаропроизводитель, максимизируя прибыль, поставляет на рынок товар в количестве $S(P_e) = Q_e$; одновременно потребитель, стремясь максимизировать полезность, предъявляет спрос $D(P_e) = Q_e$. Итак, при установлении на рынке совершенной конкуренции равновесной цены объем

товаров, предлагаемый товаропроизводителем и доставляющий ему максимум прибыли при данной цене, в точности равен спросу потребителя.

Равновесные модели различных рынков широко используются при экономическом анализе не только в учебной литературе, но и в практике конкретных экономических исследований. При этом очень часто для обоснования управленческих решений, выводов и рекомендаций, вызванных необходимостью изменения тех или иных условий, служит анализ соответствующего смещения точки равновесия теоретической модели.

Отметим, однако, что равновесное решение достигается далеко не всегда и не на всех рынках. Поэтому модели процессов установления равновесия (цен, объемов продаж, национального дохода и т.д.) находятся в центре внимания исследователей с начального периода применения формализованных методов в экономике до наших дней.

Динамические неравновесные модели рынка используются для анализа изменения переменных (цена, спрос, предложение) во времени в случае, когда цена в начальный момент отличается от равновесной. При этом процесс установления равновесной цены может быть описан различными моделями при использовании одних и тех же функций спроса $Q = D(P)$ и предложения $Q = S(P)$.

РАЗЛИЧАЮТ ДВА ПОДХОДА – НЕПРЕРЫВНЫЙ, В КОТОРОМ ДИНАМИКА ПРОЦЕССА ОПИСЫВАЕТСЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМ УРАВНЕНИЕМ

$$\frac{dP}{dt} = a[D(P) - S(P)],$$

и дискретный, когда переменные на промежутке времени $[t, t + 1)$ принимаются неизменными (в последнем случае последовательным интервалам времени $[t, t + 1)$ соответствуют значения цены P_t , спроса D_t и предложения S_t).

В зависимости от используемых гипотез в дискретной модели динамики цен происходит либо запаздывание предложения – в этом случае приходим к итерационному процессу

$$S(P_{t+1}) = D(P_t),$$

либо запаздывание спроса – в этом случае получаем итерационный процесс

$$D(P_{t+1}) = S(P_t).$$

Здесь предполагается, что функции предложения $Q = S(P)$ и спроса $Q = D(P)$ удовлетворяют условиям $S'(P) > 0$, $D'(P) < 0$.

В обоих случаях при использовании второго подхода соответствующий итерационный процесс часто изображается на плоскости QOP в виде паутины, которая «намотана» на кривые спроса и предложения. Поэтому различные дискретные модели динамики цен получили общее название: паутинообразные модели.

Значение дискретных паутинообразных моделей указанного выше вида определяется тем, что в них более последовательно, чем в непрерывных моделях, отражаются процедуры принятия решений.

Концептуальная модель любого процесса динамики цен включает взаимодействие трех подсистем, которые можно условно назвать «товаропроизводитель», «потребитель» и «рынок» (рис. 2).

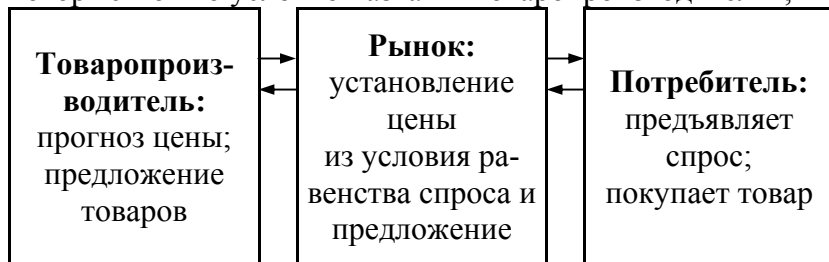


Рис. 2 Концептуальная схема модели динамики цен

Паутинообразная модель (модель A), которая сводится к итерационному процессу, также вписывается в схему 2 (здесь спрос отстает от предложения на один период). Модель A – одна из исторически первых динамических моделей рынка, отражающих поведение участников. Она служит хорошей иллюстрацией применения метода моделирования при анализе экономических процессов.

Значение модели A определяется еще и тем, что многие современные модели динамики цен, а также динамические модели макроэкономики приводят к «паутинообразному» процессу. Рассмотрим гипотезы, которые лежат в основе этой модели.

Гипотеза 1. Товаропроизводитель, принимая решение об объеме предложения, ориентируется на цену предыдущего периода.

Эта гипотеза означает, что товаропроизводитель прогнозирует цену следующего периода. Правда, прогноз здесь очень примитивный, опирается на такую логическую схему: «сегодня цена была P_t ; если и завтра она будет равна P_t , то я получу максимальную выгоду при продаже товара в количестве $S(P_t)$ ».

Гипотеза 2. Рынок всегда находится в состоянии локального равновесия.

Эту гипотезу можно трактовать, по Вальрасу, следующим образом. Вместо абстрактного, неодушевленного понятия «рынок» последний выступает в виде некоего человека-аукциониста, распоряжающегося на реальном рынке. Этот аукционист сначала устанавливает произвольные цены на товары, после чего участники рынка совершают условные сделки и сообщают об их результате аукционисту. Если спрос на некоторый товар оказался больше (меньше) предложения, то аукционист меняет первоначальные цены, поднимая (понижая) цену этого товара. Окончательные сделки совершаются лишь после достижения равновесия.

Другая трактовка этой гипотезы состоит в том, что задачей аукциониста является установление максимальной цены, при которой весь товар, поставляемый на рынок товаропроизводителем, находит покупателя. Формально эти две гипотезы означают выполнение следующих условий:

1) объем предложения на рынке S_{t+1} в каждый период времени $t+1$ определяется значением цены предыдущего периода при помощи функции предложения $S_{t+1} = S(P_t)$;

2) на рынке в каждый период $t+1$ устанавливается равновесная цена P_{t+1} , причем эта цена является решением уравнения $D(P_{t+1}) = S_{t+1}$;

3) потребитель предъявляет спрос, который при цене P_{t+1} в каждый момент времени равен предложению S_{t+1} , вследствие чего потребитель покупает все, что ему предложено.

Принятое в модели A взаимодействие подсистем «потребитель», «товаропроизводитель» и «рынок» может быть представлено в виде блок-схемы, изображенной на рис. 3.

Использование монотонных функций спроса и предложения позволяет построить последовательность цен P_t , где t – номер шага во времени.

Таким образом, сформулированные две гипотезы приводят к итерационному процессу, где спрос запаздывает от предложения на один период. Динамика цены (а также спроса и предложения) в рамках данной модели может быть изображена в виде кривой, которую называют либо паутиной, либо спиралью.

Характер динамики цен зависит в данной модели от отношения угловых коэффициентов функций спроса и предложения. Поэтому теоретически равновесное решение паутинообразной модели может быть и неустойчивым.

В основе модели с запаздыванием предложения (модель B , рис. 4) лежат следующие гипотезы.

Гипотеза 1. При определении объема предложения в каждый период времени товаропроизводитель ориентируется на спрос в предыдущий период.

Эта гипотеза приводит к росту (снижению) предложения в случае, когда спрос больше (меньше) предложения.

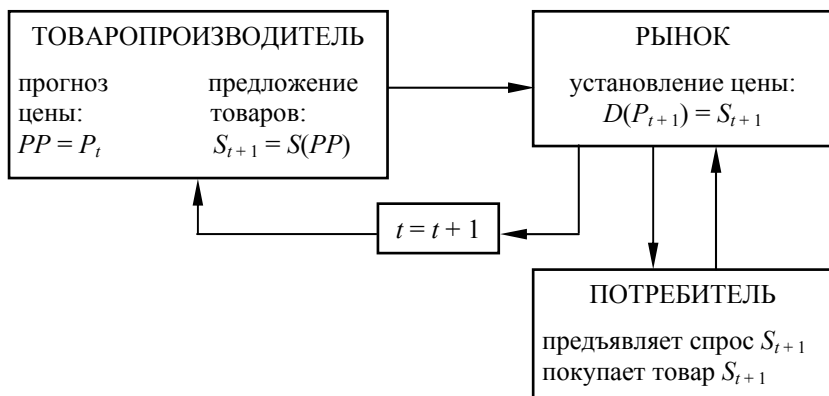


Рис. 3 Блок-схема паутинообразной модели *A*

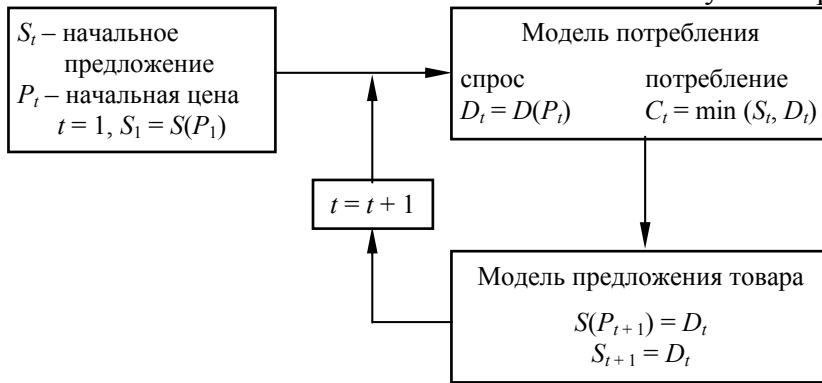


Рис. 4 Блок-схема паутинообразной модели *B*

Гипотеза 2. Цена предлагаемого товара устанавливается товаропроизводителем на уровне, определяемом в соответствии с функцией предложения.

Здесь товаропроизводитель действует формально: он знает, что кривая предложения в некотором смысле оптимальна. Поэтому он полагает, что при определении уровня цен с помощью функции предложения предлагаемый объем товара будет оптимальным.

Гипотеза 3. Объем потребления товара не может превосходить ни объема предложения, ни объема спроса.

Эта гипотеза означает, что если предложение меньше спроса, то потребление равно предложению.

Если же спрос меньше предложения (т.е. имеет место избыточное предложение товара), то потребление равно спросу, а непроданный товар приводит к затовариванию. Таким образом, в данной модели связь между потреблением C_t , спросом D_t и предложением S_t в каждый период времени t можно представить в виде $C_t = \min(S_t, D_t)$.

В модели *B*, в отличие от модели *A*, динамическая спираль «наматывается» уже против часовой стрелки.

Таким образом, изменение гипотез о поведении потребителя и товаропроизводителя привело к изменению направления движения по спирали на противоположное. Поэтому в модели *B* при линейных функциях спроса и предложения колебания цен затухают и на рынке достигается равновесие.

Изменение гипотез модели *A* привело не только к смене направления «наматывания» спирали, но, следовательно, и к изменению условия сходимости итерационного процесса на противоположное. Таким образом, если итерационный процесс динамики цен в одной из рассмотренных моделей (*A* или *B*) сходится, то в другой – расходится.

Возникшее противоречие не является неразрешимым: сходимость последовательности цен к равновесному значению может быть получена за счет изменения гипотезы о принятии решения об объеме предложения (паутинообразная модель с «обучением»), в которой товаропроизводитель учитывает характер динамики цен и более точно прогнозирует условия на рынке.

Рассмотрим модификацию модели *B* (модель *BM*), в которой текущее предложение определяется уравнением

$$S(P_{t+1}) = (1-r)D(P_t) + rS(P_t),$$

где $0 < r < 1$.

Данное соотношение означает, что товаропроизводитель при установлении цен и объемов предложения теперь уже ориентируется не на спрос предшествующего периода, а на некоторое среднее значение между спросом и предложением в этот период. Тем самым он учитывает в своих ожиданиях колебания цен, которые «обучают» его делать более адекватный прогноз предложения. При этом модель *B* является частным случаем данной динамической модели при $r = 0$.

Это означает, что независимо от соотношения угловых коэффициентов функций спроса и предложения можно всегда подобрать такое значение параметра осреднения r , удовлетворяющее условию

$$(Q-1)/(Q+1) < r < 1,$$

при котором итерационный процесс будет сходиться.

Рассмотрим теперь модификацию модели A , которая приводит к уравнению с «двойным распределенным запаздыванием». В модифицированной модели AM , в отличие от рассмотренной выше модели A , изменена первая гипотеза, которая теперь звучит так.

Гипотеза 1м. Товаропроизводитель, принимая решение об объеме предложения, ориентируется на некоторое среднее значение цены за последние два предшествующих периода.

Это означает, что товаропроизводитель при прогнозировании цен на рынке и определении соответствующих объемов предложения теперь уже ориентируется не на последнюю по времени цену, а принимает во внимание ее динамику. Колебания цен «обучают» его делать более адекватный прогноз реального уровня цен на «завтра», исходя из информации о ценах «сегодня» и «вчера».

Введение в классическую паутинообразную модель (модель A) элементов «обучения» (т.е. более точного прогнозирования товаропроизводителем предполагаемой цены) улучшает сходимость динамического процесса и повышает устойчивость модели.

При определенных значениях параметра осреднения r в паутинообразной модели с обучением (в модели AM) цены стремятся к равновесному значению даже при таких линейных функциях спроса и предложения, при которых колебания цены в классической паутинообразной модели неограниченно возрастают. Это означает, что «обучение» товаропроизводителя, правильное предвидение им цены (прогнозирование) носит принципиальный характер. Оказывается, что устойчивость равновесного решения определяется в конечном итоге не геометрическими свойствами кривых спроса и предложения (в случае линейных функций – отношением угловых коэффициентов), как это было в модели A , а реакцией экономических агентов на изменение рыночной конъюнктуры (в модели AM – реакцией товаропроизводителей на колебания цен).

В случае паутинообразной модели с запаздыванием спроса соответствующая последовательность цен расходится, если последовательность цен в модели с запаздыванием предложения сходится, и наоборот.

К этим же выводам приводит и классическая модель адаптации цены вальрасовского типа

$$P_{t+1} = P_t + r[D(P_t) - S(P_t)],$$

которая отражает рост (снижение) цен при избыточном спросе (предложении). Здесь r – положительный параметр, определяющий реакцию рынка (экономических участников) на дисбаланс спроса и предложения.

В простейшей непрерывной модели рынка одного товара цена растет, если спрос превышает предложение, и падает, если предложение выше спроса [11, 20 и др.]. Сказанное может быть формализовано так:

$$\frac{dP}{dt} = k[D(t) - S(t)],$$

где k – коэффициент реакции цены на дисбаланс спроса и предложения.

Пусть функции спроса и предложения линейные, и их уравнения имеют следующий вид:

$$D(t) = P_e - d(P - P_e), \quad S(t) = P_e + s(P - P_e),$$

где P_e – значение равновесной цены; $P = P(t)$ – значение цены в момент времени t ; d и s – заданные положительные числа, определяющие наклон линий спроса и предложения соответственно.

Будем считать, что в начальный момент времени $t = 0$ цена равнялась $P(0) = P_0$.

Динамика цены задается уравнением

$$P(t) = P_e + (P_0 - P_e)e^{-at},$$

где $a = -k(s + d) < 0$.

Из него следует, что $P(t) \rightarrow P_e$ при $t \rightarrow \infty$, т.е. со временем устанавливается равновесная цена.

Все рассмотренные выше модели описывают взаимодействие различных экономических участников и предполагают наличие конкуренции. При совершенной конкуренции, когда на рынке действует много продавцов и много покупателей, ни один из них не в состоянии изменить цену. Однако опыт под-

сказывает, что при увеличении на рынке количества товаров его цена снижается. Это свидетельствует о том, что совершенная конкуренция – понятие достаточно абстрактное. Тем не менее, эта абстракция позволила теоретически обосновать такие важные экономические закономерности, как, например, функция предложения товара и кривая Лаффера.

На конкурентном рынке цена растет при превышении спроса над предложением, а при избыточном предложении – падает, то это, в конечном итоге, приводит (при определенных условиях) к достижению рыночного равновесия. Это равновесие устойчиво в том смысле, что при заданной фиксированной структуре цен на рынок поставляется товар в количестве, равном спросу потребителя на этот товар.

Исследование паутинообразных моделей позволило показать, что установление равновесия – достаточно сложный процесс, важную роль в котором играют «ожидания» экономических участников. Было установлено, в частности, что механизмы рыночного «саморегулирования», действуя в направлении устойчивого равновесного состояния, далеко не всегда приводят к достижению равновесия на рынке. При, казалось бы, логически «правильной» реакции экономических агентов на изменение рыночной ситуации рыночные механизмы могут и не приводить к равновесию.

Общим выводом из анализа рассмотренных динамических моделей рынка товаров является следующий: равновесие на конкурентном рынке достигается при условии адекватной реакции участников (потребителей и продавцов-товаропроизводителей) на изменение рыночной конъюнктуры.

Рассмотрим теперь влияние монополизации на объемы предложения и рыночные цены, используя для этого модели монополии и дуополии, действующие на рынке одного товара.

Монополия (монопольный рынок) представляет собой рыночную ситуацию, при которой предложение товаров сосредоточено в руках одного продавца (товаропроизводителя). Это может быть, например, в случае, когда одна фирма является единственным производителем и продавцом продукта, у которого нет близких заменителей. Доступ на рынок других фирм, производящих этот или функционально близкий ему товар, закрыт, конкуренция отсутствует. При этом на рынке действует много покупателей, а их общий спрос на товар падает при увеличении цены товара.

В условиях монопольного рынка товаропроизводитель получает возможность повышать цену без улучшения качества продукции, регулировать объемы производства и т.д., стремясь максимизировать свою прибыль на основе использования известной ему информации о поведении потребителя, т.е. о кривой спроса.

Это происходит следующим образом. Пусть, например, кривая спроса задается линейной функцией

$$P = a - d - Q.$$

где a и d – положительные постоянные.

Тогда для дохода R (выручки от продажи) получаем

$$R = R(Q) = QP(Q) = (a - dQ)Q.$$

Поэтому в случае чистой монополии при линейной функции спроса кривая дохода представляет собой параболу, ветви которой направлены вниз (линия I на рис. 5).

Для определения объема производства и цены в общем случае чистой монополии предположим, что функция издержек монополии задана уравнением $C = C(Q)$. График функции издержек отмечен на рис. 5 цифрой 2.

Поскольку (по предположению) товаропроизводитель, как и ранее, стремится получить максимально возможную прибыль $I(Q) = R(Q) - C(Q)$, то в силу необходимого условия экстремума получаем $R'(Q) = C'(Q)$

График функции прибыли $I = I(Q)$ отмечен на рис. 5 цифрой 3. Решение уравнения задает оптимальный объем предложения Q_0 и, как следствие, значение цены $P_0 = P(Q_0)$, которые устанавливает монополист. Геометрический смысл уравнения заключается в следующем: при $Q = Q_0$ (т.е. в точке максимума прибыли) касательные к графикам функций дохода $Y = R(Q)$ и издержек $Y = C(Q)$ параллельны (рис. 5).

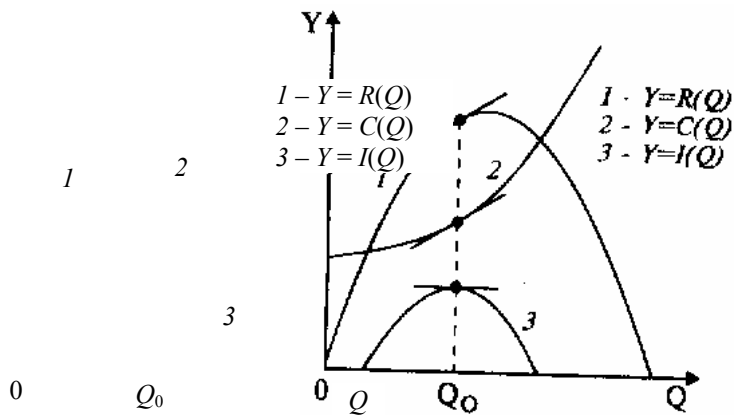


Рис. 5 Определение оптимального дохода монополии

Другая геометрическая интерпретация связана с понятиями предельного дохода и предельных издержек, поскольку равенство означает, что в точке максимума прибыли они равны: $MR(Q_0) = MC(Q_0)$.

Действительно, предельный доход MR , по определению, равен производной функции полного дохода: $MR(Q) = R'(Q)$. Эта величина показывает, на сколько увеличивается доход при увеличении объема продаж на единицу.

Итак, в случае монополии из условия $MR(Q) = MC(Q)$ находим оптимальное (для монополиста) значение объема производства, после чего определяем значение цены товара.

Одним из распространенных типов рыночной структуры, характерных для большинства развитых стран, является олигополия. На олигопольном рынке несколько фирм конкурируют друг с другом, и вступление на этот рынок других фирм затруднено. Рассмотрим простейший частный случай олигополии – дуополию, динамическая модель которой также подтверждает сделанные выше выводы об ограниченности стихийной рыночной самоорганизации.

По определению, дуополия – рынок товара, который поставляют два продавца. Французский математик О. Курно, заложивший основы теории дуополии, трактовал принцип конкуренции следующим образом: покупатели объявляют цены товаров, а поставщики товаров приспособливают объем выпуска к этим ценам.

Каждый «дуополист» в модели О. Курно на основе информации о динамике спроса устанавливает объем выпуска продукции, предназначенный на продажу, в предположении, что объем предложения со стороны конкурента остается неизменным. И хотя каждый из продавцов в каждом периоде времени стремится максимизировать свою выгоду, динамика процесса конкуренции двух продавцов приводит к равновесному решению, более выгодному для «покупателя», чем решение в случае чистой монополии.

В 80-х гг. XIX в. другой французский математик – Ж. Бертран – построил модель дуополии, в которой цены устанавливают продавцы, причем каждый продавец устанавливает свою цену, исходя из того, что цена конкурента, а не объем его выпуска, остается неизменной. В изданной в 1897 г. «Теории монополии» Ф. Эджуорт сделал следующий шаг в развитии теории дуополии: ввел неопределенность взаимной реакции, в результате чего математическая модель стала недетерминированной.

Ниже рассматривается классическая детерминированная модель дуополии в современной трактовке, а также ее модификация, в которой конкуренты изменяют свои решения в направлении их улучшения, не всегда при этом максимизируя эффект, как это делается в классических вариантах модели. В этом случае «механизм саморегулирования» не всегда приводит к установлению равновесия.

Будем считать, что спрос на товар на этом рынке определяется многочисленными, но незначительными (по размеру покупок) потребителями, и что этот спрос снижается при увеличении цены. В модели принято, что объем покупок можно найти при помощи соответствующей функции спроса, которая известна на каждой фирме.

Рассмотрим вариант модели дуополии, в котором сделан учет издержек производства. Предположим, что цена товара P линейно убывает при увеличении общего предложения, т.е. $P = a - b(X + Y)$, где X и Y – объемы товара, предлагаемого на рынке первой и второй монополиями; a и b – положительные постоянные.

Предположим, что функция издержек каждой монополии линейна: $C_1 = k_1X$; $C_2 = k_2Y$, где k_1 и k_2 – удельные затраты монополий при производстве единицы продукции.

Стратегия Курно заключается в том, что каждый дуополист поочередно максимизирует свою прибыль на основе известной ему информации об объемах поставок товара конкурентом. Однако всегда ли

предприятие способно поставить на рынок товар в количестве, при котором достигается максимум его прибыли?

Более реалистичным представляется поведение дуополистов, при котором они на каждом шаге стремятся не максимизировать, а просто увеличивать свою прибыль. В этом случае можно, например, использовать следующую модель динамики поставок товаров:

при $k = 2n - 1, n = 1, 2, \dots$

$$X(k+1) = X(k),$$

$$Y(k+1) = Y(k) + g[(d_2 - X(k)/2 - Y(k)];$$

при $k = 2n, n = 1, 2, \dots$

$$Y(k+1) = Y(k),$$

$$X(k+1) = X(k) + h[(d_1 - Y(k)/2 - Y(k)],$$

где g и h – положительные постоянные.

Этот итерационный процесс в частном случае $g - h = 1$ совпадает со стратегией Курно, которая описывается системой

$$\begin{cases} X_1 + 2Y_2 = d_2, & X_2 = X_1; \\ 2X_3 + Y_2 = d_1, & Y_3 = Y_2; \\ X_3 + 2Y_4 = d_2, & X_4 = X_3; \\ 2X_5 + Y_4 = d_1, & Y_5 = Y_4, \end{cases}$$

где $d_i = (a - k_i)/b, i = 1, 2$.

Если же эти постоянные g и h отличны от единицы, то итерационный процесс означает рост объема предложения со стороны каждой фирмы, если первая производная функции прибыли этой фирмы положительна, и наоборот, снижение объема предложения фирмы, если первая производная функции прибыли этой фирмы отрицательна.

Расчеты модели свидетельствуют о том, что характер динамики переменных в этом варианте модели дуополии зависит от значений параметров реакции дуополистов на отклонение поставок от оптимальных (g и h). При этом возможны не только сходимость к точке Курно, но и образование циклов, а также и расхождение итерационного процесса.

В модели дуополии – рынка одного товара, обслуживаемого двумя продавцами (товаропроизводителями) – возможно использование различных стратегий. Если, например, дуополисты объединяются и образуют по сути единую монополию (картель), то это приводит к равновесию, при котором цены велики, а совокупный объем предложения мал. При этом общая прибыль бывших конкурентов достигает наибольшего значения.

Развитие монополистической конкуренции, при которой каждое предприятие последовательно осуществляет свой выбор, стремясь достичь максимума собственной прибыли на каждом этапе (стратегия Курно), приводит уже к некооперативному равновесию. При этом происходит снижение рыночных цен, рост предложения и падение суммарной прибыли.

В случае дальнейшего усиления конкуренции между товаропроизводителями (стратегия Стакельберга) цены и суммарная прибыль снова падают, а объем предложения на рынке еще более возрастает. В этой ситуации, наиболее выгодной для потребителя из всех рассмотренных, «искусственный» дуополист оказывается в более выигрышном положении (за счет своего конкурента), чем при использовании им стратегии Курно.

Модель дуополии – хорошая иллюстрация тезиса о необходимости государственного регулирования монопольных рынков и введения антимонопольных, антитрестовских законов. Стремление увеличивать прибыль на каждом шаге (модифицированная стратегия Курно) может и не приводить к установлению равновесия на рынке. Оказывается также, что возможность достижения равновесия в модели монополистической конкуренции зависит от реакции дуополистов на отклонение объемов поставок от их оптимальных значений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Беленький В.З., Смирнов В.Н. Опровержение гипотезы о магистрали в модели экономической динамики с критерием Роулса // Экономика и математические методы. 2003. № 2.
- 2 Кручинин Л.А., Сморгонский А.В. О возможных условиях заключения ценовых соглашений в группе взаимосвязанных предприятий // Экономика и математические методы. 2003. № 1.
- 3 Гуриев С.М., Поспелов И.Г., Шапошник Д.В. Модель общего равновесия при наличии транзакционных издержек и денежных суррогатов // Экономика и математические методы. 2000. № 1.
- 4 Коваленко А.Г. О математическом моделировании рассредоточенного рынка // Экономика и математические методы. 1999. № 3.
- 5 Вороновицкий М.М., Щербаков А.В. Поведение предприятия при олигопольной конкуренции на денежном и бартерном рынках одновременно // Экономика и математические методы. 1999. № 2.
- 6 Вороновицкий М.М., Щербаков А.В. Модель поведения предприятия монополиста, оперирующего на денежном и бартерном рынках // Экономика и математические методы. 1998. № 3.
- 7 Трофимов Г.Ю. Вход на монополизированный рынок и конкурентные взаимодействия // Экономика и математические методы. 1998. № 1.
- 8 Булавский В.А. Структура спроса и равновесие в модели олигополии // Экономика и математические методы. 1997. № 3.
- 9 Кобленц-Мишке Ю.А. Пороговые модели динамики агрегированного спроса // Экономика и математические методы. 1996. № 3.
- 10 Булавский В.А. Один мысленный эксперимент в рамках обобщенной модели Курно // Экономика и математические методы. 1996. № 2.
- 11 Бершадский А.В. Статистическая модель рыночных событий // <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2002/132.pdf>
- 12 Колемаев В.А. Математическая экономика. М.: ЮНИТИ, 1998.
- 13 Моришима М. Равновесие, устойчивость, рост. М.: Наука, 1972.
- 14 Лебедев В.В., Лебедев К.В. Математическое и компьютерное моделирование экономики. М.: НВТ-Дизайн, 2002.
- 15 Багриновский К.А., Матюшок В.М. Экономико-математические методы и модели (микроэкономика). М.: РУДН, 1999.
- 16 Макаров В.Л., Рубинов А.М. Математическая теория экономической динамики и равновесие. М.: Наука, 1973.

1.4 РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА МИКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ: ОТРАСЛЕЙ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА, ФИРМ И ПРЕДПРИЯТИЙ, ДОМАШНИХ ХОЗЯЙСТВ, РЫНКОВ, МЕХАНИЗМОВ ФОРМИРОВАНИЯ СПРОСА И ПОТРЕБЛЕНИЯ, СПОСОБОВ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКИХ РИСКОВ И ОБОСНОВАНИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ

Проблема распределения ресурсов. Одной из наиболее важных и актуальных проблем, с которыми сталкиваются промышленные предприятия в настоящее время, является эффективное размещение производственных ресурсов в целях получения наибольшей прибыли. В связи с этим первоочередной задачей на предприятии является построение такой стратегии управления производственными ресурсами, которая была бы направлена на формирование оптимальной и эффективной производственной программы, адаптированной к работе в условиях динамично меняющейся экономической среды.

Проведенный анализ современных методов управления деятельностью предприятия позволил выявить ряд недостатков, мешающих эффективно решать задачи оптимизации производственной программы. Так, например, в некоторых случаях механизм формирования производственной программы имеет слабую связь с результатами производственно-хозяйственной и финансовой деятельности предприятия. Очень часто при решении задачи оптимального управления производством основное внимание направлено на выполнение требования полной и равномерной загрузки оборудования и рабочих мест. К тому же при планировании производства и реализации продукции нередко исходят, прежде всего, только из потребностей в каком-либо виде продукции. Однако все эти методы не позволяют оперативно корректировать производственную программу в случае изменения условий хозяйствования.

Технологический процесс изготовления продукции представляет собой строго определенную совокупность выполняемых в заданной последовательности технологических операций. Одна и та же операция может производиться многими способами, на различном оборудовании. Поэтому выбор ресурсосберегающего технологического процесса заключается в оптимизации каждой операции по минимуму потребления материально-сырьевых ресурсов. Пусть на производство некоторого количества видов продукции предприятие выделяет некоторый объем материально-сырьевых ресурсов. В работе [1] была сформулирована модель определения оптимальной производственной программы для ситуации, когда все необходимые материально-сырьевые ресурсы уже поставлены на предприятие. На практике, однако, это не всегда выполняется, к тому же во многих случаях при определении производственной программы необходимо еще учитывать и технологическую последовательность выполненных операций при выпуске той или иной продукции. Исходя из этого, рассмотрим ситуацию, когда материально-сырьевые ресурсы динамически поступают на вход производственной системы при однозначно заданной последовательности их обработки по всем операциям производственного цикла. Иными словами, для того, чтобы произвести продукцию вида j ($j = 1, 2, \dots, m$), необходимо провести обработку исходного материально-сырьевого потока на N_j последовательных операциях. Графически эта схема представлена на рис. 1 в виде р-сети.

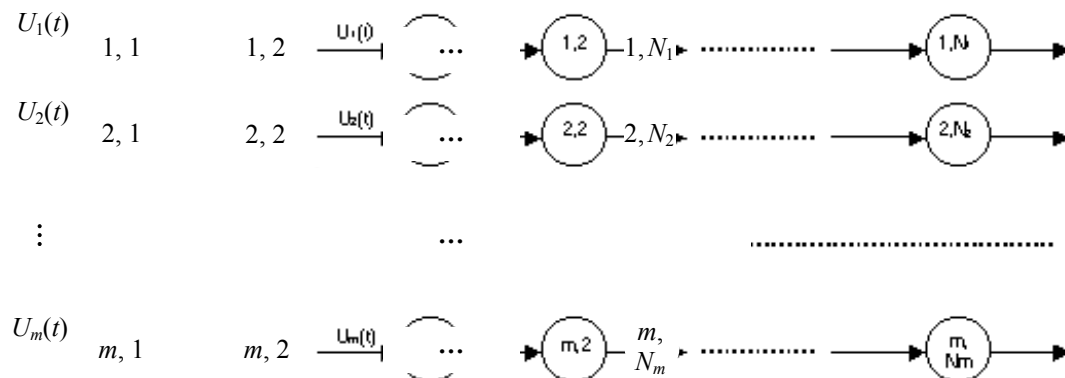


Рис. 1 Схема поступления и обработки материально-сырьевых ресурсов по всем операциям производственного цикла

Здесь $U_j(t)$ – поток материально-сырьевых ресурсов для j -го вида производимой продукции ($j = 1, 2, \dots, m$). Обработка исходного сырья и материалов проходит в заданной технологической последовательности с использованием производственных ресурсов (станков, механизмов, оборудования, специалистов и т.д.), объем которых на предприятии задан вектором $c = (c_1, \dots, c_M)$. Для того, чтобы обеспечить единичную производительность на операции j по i -му виду выпускаемой продукции (обозначим ее O_{ij}), необходимо выделить на эту операцию объем производственных ресурсов, заданный вектором $a_{ij} = (a_{ij}^1; \dots; a_{ij}^M)$. Если же необходимо обеспечить производительность q_{ij} на операции O_{ij} , то соответственно объем производственных ресурсов должен быть равен:

$$a_{ij} q_{ij} = (a_{ij}^1 q_{ij}; a_{ij}^2 q_{ij}; \dots; a_{ij}^M q_{ij}).$$

Важным фактором экономичности всех видов ресурсов является снижение себестоимости (экономия ресурсов), связанное с применением лучшего технологического процесса. Величина себестоимости изготовления продукции в значительной мере зависит от объема производства.

Пусть известны Z_p – постоянные затраты производства; a_i – переменные затраты на выпуск одной единицы продукции вида i ; d_i – цена реализации единицы продукции вида i ($i = 1, 2, \dots, m$).

Тогда для того, чтобы задать производственную программу, которая давала бы наибольшую валовую прибыль, необходимо максимизировать следующую целевую функцию:

$$\sum_{i=1}^m c_i \int_0^T q_{iN_i}(t) dt - Z_p \rightarrow \max, \quad (1)$$

где $c_i = d_i - a_i$; $q_{iN_i}(t)$ – производительность (интенсивность выхода готовой продукции) на последующей операции по i -му виду выпускаемой продукции; $[0, T]$ – период планирования.

Причем констатируется, что: прибыль, получаемая от реализации каждого вида продукции, измеряется в одних и тех же единицах; прибыль, получаемая от реализации любого вида продукции, не зависит от того, какое количество ресурса было выделено по другим видам продукции; общая прибыль состоит из прибылей по отдельным видам продукции.

Исследования показывают, что функция прибыли, как правило, имеет вид, приведенный на рис. 2. Эта кривая обладает следующими особенностями: небольшое количество выделенного ресурса не приносит сколько-нибудь ощутимого эффекта (прибыли); для каждого вида продукции имеется точка, начиная с которой дальнейшее увеличение по этому виду продукции данного ресурса не эффективно.

При этом должны быть выполнены ограничения на объем используемых производственных ресурсов в каждый момент времени и балансовые ограничения на объем обработки по каждой операции O_{ij} , которые соответственно могут быть записаны следующим образом:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{N_i} q_{ij}(t)c_{ij} \leq c_l; \quad l=1, 2, \dots, M; \quad \forall t=[0, T]; \quad (2)$$

$$\int_0^t q_{ij}(t')dt' \leq V_{ij}(0) + \int_0^t q_{ij-1}(t')dt', \quad \forall t=[0, T]; \quad (3)$$

$$i=1, 2, \dots, m; \quad j=1, 2, \dots, N_i,$$

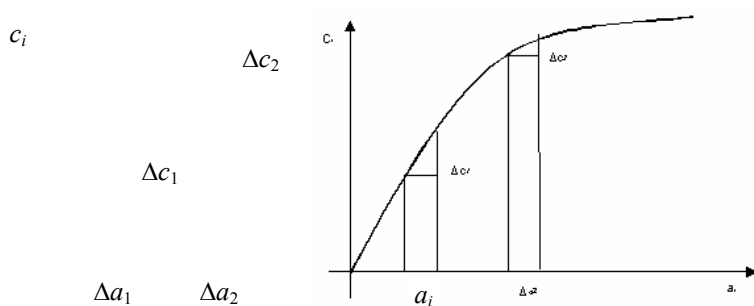


Рис. 2 Функция прибыли

где $q_{ij}(t)$ – производительность на операции l -го вида продукции в момент времени t ($l=j-1, j$); $q_{i0}(t) \equiv U_i(t)$; $V_{ij}(0)$ – объем незавершенного производства на операции O_{ij} в момент времени $t=0$.

Кроме того, если заданы ограничения на спрос по каждому виду продукции, то появится еще одно ограничение вида:

$$\int_0^T q_{iN_i}(t)dt \leq b_i, \quad i=1, \dots, m, \quad (4)$$

где b_i – объем спроса на продукцию вида i .

Решением задачи (1) – (4) является множество производительностей $q_{ij}(t)$ ($i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, N_i$), не нарушающих ограничений (2) – (4) и максимизирующих функцию (1). В таком виде эта задача может быть решена с использованием методов теории оптимального управления.

Динамика поступления материально-сырьевых потоков производства, заданная в задаче (1) – (4) непрерывными функциями времени $U_1(t), \dots, U_m(t)$, в реальных условиях часто определяется динамикой финансовых потоков предприятия (кредиты, средства, полученные от реализации продукции, внебюджетные доходы предприятия и т.д.). В этом случае задача (1) – (4) принимает несколько видоизмененную форму, а именно, на вход производственной системы, производящей m видов продукции, поступает поток финансовых ресурсов $U(t)$. Необходимо таким образом использовать эти деньги, закупая материально-сырьевые ресурсы производства, чтобы максимизировать целевую функцию (1) при ограничениях (2) – (4).

Будем считать, что цена одной единицы материально-сырьевых ресурсов вида i ($i=1, 2, \dots, m$) есть величина b_i . Тогда необходимо финансовый поток $U(t)$ разбить на m составляющих $U_1(t), U_2(t), \dots, U_m(t)$ так, чтобы $\sum_{i=1}^m U_i(t) = U(t)$.

В этом случае интенсивность материально-сырьевых потоков будет задана величинами $U_1(t)/b_1, U_2(t)/b_2, \dots, U_m(t)/b_m$. Обозначив $U_i(t)/b_i$ через $q_{i0}(t)$ ($i = 1, 2, \dots, m$), а также добавив к ограничениям (2) – (4)

ограничение $\sum_{i=1}^m q_{i0}(t)b_i = U(t)$, получим динамическую задачу выбора оптимальной производственной программы предприятия в условиях динамического финансового потока, используемого для закупки материально-сырьевых ресурсов.

Учитывая сложность решения задачи (1) – (4) в общем виде, исследуем данную задачу в условиях дискретизации входных и выходных потоков производственной системы. Далее, будем полагать, что материально-сырьевые ресурсы поступают ежедневно на вход производственной системы в объемах U_{if} ($i = 1, 2, \dots, m; f = 1, 2, \dots, T$). Здесь T – число дней в периоде планирования. Тогда задача оптимизации производственной программы может быть сформулирована следующим образом:

$$\sum_{i=1}^m c_i \sum_{i=1}^T q_{iN_i}^i \rightarrow \max, \quad (5)$$

где $q_{iN_i}^i$ – дневной объем выпуска готовой продукции на операции O_{iN_i} в день t ;

при ограничениях:

$$V_{i1}(0) + \sum_{f=1}^k U_{if} \leq \sum_{f=1}^k q_{i1}^f, \quad k = 1, 2, \dots, T; \quad (6)$$

$$V_{ij}(0) + \sum_{t=1}^k q_{ij-1}^t \leq \sum_{t=1}^k q_{ij}^t, \quad j = 2, 3, \dots, N_i, \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad t = 1, 2, \dots, T; \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{N_i} \sum_{t=1}^k q_{ij}^t a_{ij}^l \leq c_l, \quad l = 1, 2, \dots, m; \quad k = 1, 2, \dots, T; \quad (8)$$

$$\sum_{t=1}^T q_{iN_i}^t \leq b_i, \quad i = 1, 2, \dots, m. \quad (9)$$

Задача (5) – (9) является линейной относительно переменных q_{ij}^k и может быть решена методами, изложенными в работах по линейной оптимизации.

Методы линейной оптимизации могут использоваться в некоторых частных случаях и при решении задачи (1) – (4). Далее будем полагать, что ограничение (4) отсутствует, $U_i(t) \equiv 0 \quad \forall t \in [0, T]$ и $V_{ij}(0) > 0$, $i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, N_i; a_{ij}^l > 0$, $i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, N_i; l = 1, 2, \dots, M$.

Очевидно, что в этом случае для максимизации функционала (1) необходимо в первую очередь производственные ресурсы выделить только на операции O_1N_1, \dots, O_mN_m , т.е. на последние операции по каждому виду выпускаемой продукции.

Таким образом, необходимо максимизировать целевую функцию вида:

$$F = \sum_{i=1}^m c_i q_{iN_i} \rightarrow \max, \quad (10)$$

при ограничениях:

$$\sum_{i=1}^m q_{iN_i} a_{iN_i}^k \leq c_k, \quad k = 1, 2, \dots, M; \quad (11)$$

$$q_{iN_i} \geq 0. \quad (12)$$

Очевидно, что если интервал планирования $[0, T]$ достаточно короткий, то, решив задачу (10) – (12), мы определим оптимальное решение задачи (1) – (4) для указанного выше частного случая. Если это не так, т.е.

$$T > \min \frac{V_{iN_i}(0)}{q_{iN_i}}, \quad i = \overline{1, m};$$

$$\tau = \min \frac{V_{iN_i}(0)}{q_{iN_i}}, \quad i = \overline{1, m},$$

то объем незавершенного производства на одной из последних операций будет исчерпан до наступления момента времени T (рис. 3). Таким образом, решение задачи (10) – (12) перестает быть допустимым для любого момента $\tau' > \tau$, и, следовательно, оно должно быть скорректировано. Пусть $\min \frac{V_{iN_i}(0)}{q_{iN_i}}$ достигается на каком-либо номере l ($1 \leq l \leq m$) выпускаемой продукции.

После завершения в момент времени τ' обработки незавершенного производства на операции O_{iN_i} , для того чтобы в дальнейшем выпускать продукцию вида l , производственные ресурсы должны быть выделены и на операции O_{iN_i} и на операции $O_{iN_{i-1}}$. Следовательно, задача оптимальной загрузки оборудования для этой ситуации будет выглядеть следующим образом:

$$\sum_{i=1}^m c_i q_{iN_i} \rightarrow \max. \quad (13)$$

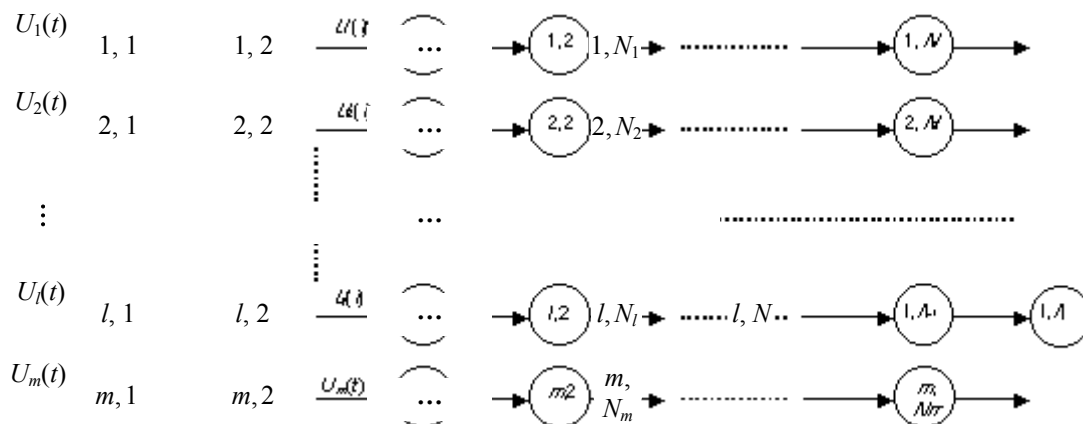


Рис. 3 Схема поступления и обработки материально-сырьевых ресурсов по всем операциям производственного цикла при наличии незавершенного производства

при ограничениях:

$$\sum_{i=1}^m q_{iN_i} a_{iN_i}^l + q_{iN_{i-1}} a_{iN_{i-1}} \leq c_k, \quad k = 1, 2, \dots, m; \quad (14)$$

$$q_{iN_i} \geq 0; \quad q_{iN_i} \leq q_{iN_{i-1}}. \quad (15)$$

Далее сравниваем:

$$T - \tau' \leq \min \left\{ \frac{V_{iN_i} - \tau' q_{iN_i}}{q_{iN_i}}; \frac{V_{iN_{i-1}}}{q_{iN_{i-1}}} \right\}, \quad i = \overline{1, m}. \quad (16)$$

Если неравенство (16) выполняется, то это означает, что на одной из операций, на которую были выделены ресурсы производства, закончена обработка и, следовательно, существует момент времени τ'' , в который достигается минимум в правой части неравенства (16).

Продолжая эту процедуру итеративного решения задач линейного программирования, мы разобьем интервал времени $[0, T]$ на конечное число отрезков, на каждом из которых будет сохраняться одно и то же в течение всей продолжительности временного отрезка распределение производственных ресурсов, обеспечивающих при сделанных предположениях оптимальное решение задачи (1) – (4).

В заключение необходимо отметить, что характер распределения производственных ресурсов на интервалах времени $|0, \tau'|$, $|\tau'', \tau''|$, ..., $|\tau''''', T|$ зависит не от величины объема незавершенного производства на операциях O_{ij} , а от последовательности достижения минимумов в соотношениях вида:

$$\min \left\{ \frac{V_{ij}^k}{q_{ij}^k} \right\}, \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, N_i}, \quad (17)$$

где V_{ij}^k – объем незавершенного производства на операции O_{ij} при k -й итерации решения задачи линейной оптимизации (10) – (12); q_{ij}^k – соответствующие производительности при решении k -й задачи оптимизации.

Таким образом, при сохранении последовательности достижения минимумов на операциях в соотношении (17) для различных V_{ij} ($i = \overline{1, m}; j = \overline{1, N_i}$) меняются величины интервалов $|0, \tau'|$, $|\tau'', \tau''|$, ..., $|\tau''''', T|$, а их количество и распределение производственных ресурсов по операциям сохраняется.

Геометрическая интерпретация этого факта состоит в следующем. Целевая функция (10) при последовательном решении задач оптимального распределения ресурсов является невозрастающей ступенчатой функцией времени, которую обозначим $F(t)$. Она имеет вид, представленный на рис. 4.

Если сохраняется последовательность операций, на которых достигается минимум в соотношении (17), то график функции $F(t)$ при варьировании $V_{ij}(0)$ будет сохранять количество ступеней и их высоту, а изменяться будут только интервалы времени, на которых сохраняет постоянство функция $F(t)$.

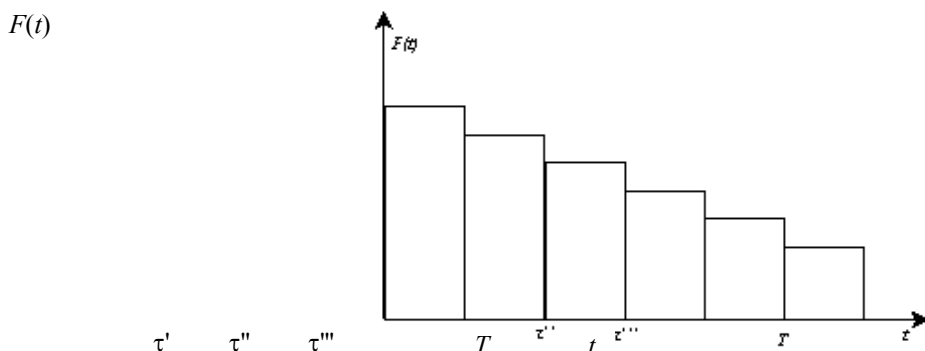


Рис. 4 График ступенчатой функции прибыли $F(t)$

Модели маркетинга на предприятии. В определенных ситуациях применение математических моделей для анализа маркетинговой деятельности фирмы или при исследовании рынков не только возможно, но и может оказать существенную помощь разработчикам бизнес-планов компании, когда встанет вопрос об эффективности и рискованности инвестиций в тот или иной бизнес. Главное, чтобы в применяемых моделях производился надлежащий учет неопределенности относительно будущего состояния учтенных в модели параметров рынка.

В работах по маркетинговому моделированию упомянутая неопределенность учитывается с введением в модель так называемых субъективных вероятностей, оценки которых получены как результат познавательной активности экспертов или экспертных групп.

Использование математики нечетких множеств в задачах маркетингового моделирования, как и вообще в экономических задачах, оказывается как нельзя более кстати. Субъективные вероятности, прежде широко применяемые в экономическом анализе, сегодня встречают серьезные теоретические препятствия в использовании. В частности, подвергается сомнению безусловное применение критерия максимума энтропии Гиббса-Джейнса, лежащего в основе обоснования наиболее правдоподобных вероятностных распределений. Нечетко-множественный подход не сталкивается с затруднениями подобного рода. Он имеет дело не с возможностью, а с ожидаемостью. Он опирается на интуитивное знание исследо-

вателя рынка об ожидаемом диапазоне разброса экзогенных параметров. И если исходная неопределенность описана исследователем адекватно, в форме ожидаемых интервальных диапазонов, тогда оценка разброса целевых параметров модели, базирующаяся на применении обоснованных здесь нечетких функций и последовательностей, становится только делом техники.

Управление в условиях риска. Реализация принятых решений по управлению предприятиями подвержена объективно существующей и принципиально неустранимой неопределенности. То или иное проявление неопределенности может задержать наступление запланированных событий, изменить их содержание либо вызвать нежелательное развитие событий как предвидимых, так и непредвидимых. В результате поставленная цель не будет достигнута или достигнута не в полной мере. Возможность отклонения от цели, т.е. несовпадение фактически полученного результата с намеченным в момент принятия решения, характеризуется такой категорией как риск.

В связи с тем, что при поэтапной реализации стратегии предполагается принятие последовательных промежуточных решений, то каждому из них будут свойственны свои факторы риска. Рассмотрим модель управления реализацией некоторого проекта с учетом возможных факторов риска. Предположим, что управление проектом состоит из нескольких этапов. На каждом этапе возможны альтернативные направления реализации проекта. Каждое из этих направлений характеризуется вероятностью возникновения ущерба, связанного, например, с конъюнктурой рынка, срывом поставок комплектующих и т.д., а также величиной ущерба и возможной прибылью. Необходимо разработать стратегию управления проектом, которая позволила бы реализовать проект с максимальной прибылью при допустимом уровне затрат.

Математическую модель данной ситуации можно представить в следующем виде.

1 Исходные данные:

$M = \{1, \dots, m\}$ – множество этапов реализации проекта, на каждом из которых действуют соответственно свои факторы риска;

$N = \{1, \dots, n\}$ – множество возможных вариантов реализации (состояний) проекта;

$\|P_{kij}\|$, $k \in 0, m; i \in 1, m; j \in 1, n$ – матрица вероятностей возникновения ущерба при переходе реализации проекта из k -го этапа на i -й этап по j -му направлению;

$k = 0$ – исходный этап реализации проекта;

$\|a_{kij}\|$, $k \in 0, m; i \in 1, m; j \in 1, n$ – матрица затрат (возможного ущерба) при переходе реализации проекта из k -го этапа на i -й этап по j -му направлению;

$\|b_{kij}\|$, $k \in 0, m; i \in 1, m; j \in 1, n$ – матрица ожидаемой прибыли (выгоды) при переходе реализации проекта из k -го этапа на i -й этап по j -му направлению.

2 Обозначения:

$$x_{kij} = \begin{cases} 1, & \text{если из } k\text{-го этапа осуществлен переход на } i\text{-й этап} \\ & \text{по } j\text{-му направлению;} \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases}$$

3 Постановка задачи.

Найти такую стратегию управления $X = \|x_{kij}\|$ реализацией проекта из множества допустимых, при которой ожидаемый эффект будет максимален, а возможные потери будут не больше допустимых, т.е. необходимо найти набор переменных из условия:

$$F\{\|x_{kij}\|\} = \sum_{k=0}^m \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{kij} (1 - p_{kij}) b_{kij} \rightarrow \max \quad (18)$$

при ограничениях

$$\sum_{k=0}^m \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n p_{kij} a_{kij} x_{kij} \leq Ag. \quad (19)$$

Сформулированная задача, несмотря на наличие в целевой функции вероятностных характеристик, относится к классу задач математического программирования, так как на каждом этапе управления предполагается известной (оцененной) вероятностью потерь при выборе того или иного альтернативного направления реализации проекта.

Как уже отмечалось, задача (1) относится к классу задач дискретного математического программирования. Точное решение такой задачи может быть найдено с помощью алгоритма, построенного на основе одной из вычислительных схем сокращенного перебора вариантов, например, метода ветвей и границ.

Реализация метода ветвей и границ в вычислительный алгоритм связана с определенными трудностями:

- необходимо задать правило ветвления вариантов;
- требуется задать процедуру оценки вариантов решений;
- необходимо запомнить большие массивы информации в памяти ЭВМ и др.

В ряде практических случаев эти трудности преодолеваются на основе эвристических рассуждений при построении алгоритма решения.

Для рассматриваемой задачи алгоритм решения может быть построен с помощью следующих эвристических правил.

1 Обеспечение максимума прибыли на каждом этапе реализации проекта. Аналитически данное решающее правило может быть записано следующим образом:

$$\forall i \rightarrow j = \arg \max_{j \in N} b_{kij}(1 - p_{kij}), \quad k > i. \quad (20)$$

2 Обеспечение минимума потерь на каждом этапе реализации проекта. Это правило может быть записано как

$$\forall i \rightarrow j = \arg \max_{j \in N} p_{kij} a_{kij}, \quad k > i. \quad (21)$$

3 Обеспечение максимума удельной прибыли на каждом этапе реализации проекта, т.е.

$$\forall i \rightarrow j = \arg \max_{j \in N} \frac{b_{kij}(1 - p_{kij})}{p_{kij} a_{kij}}, \quad k > i. \quad (22)$$

Процессы самоорганизации и кооперации. Идеальная модель менеджмента в компаниях состоит в том, чтобы создавать внутреннюю конкуренцию в компании и поддерживать рассмотренный процесс самоорганизации направлений, сохраняя целостность компании. При этом одной из важнейших проблем деятельности таких организаций становится стратегическое планирование и координация кооперативных работ в рамках совместно выполняемых проектов, а также между проектами. Эта проблема связана не столько с оптимальным планированием работ и распределением ресурсов, сколько с необходимостью постоянного перепланирования и требующегося для этого пересогласования планов кооперирующихся сторон, а также сопутствующей реорганизации их деятельности. Однако, из практики известно, если изменения в согласованных заранее планах одной стороны хотя бы в минимальной степени нарушают планы другой, возникает конфликт (как на уровне предприятий-партнеров, так и на уровне отдельных людей). При этом рассматриваемые изменения далеко не всегда могут быть вызваны просчетами в планировании или другими негативными факторами, в ряде случаев эти изменения обусловлены стремлением более качественно решить задачу, вполне справедливыми требованиями клиентов или объективными ограничениями других участвующих партнеров и т.д.

Представление кооперативной деятельности компании через цепочки «круглых столов» является лишь очень упрощенным и поверхностным видением проблемы. Главная идея разрабатываемого подхода состоит в том, что для моделирования процесса переговоров специалистов за «круглым столом» необходимо смоделировать всю деятельность каждого из этих специалистов, включая все три ее важнейших ипостаси: поведение, мышление и коммуникацию.

Важно отметить, что для моделирования деятельности уже одного индивида принципиальным является наличие двух сред: среды действий и среды рассуждений. Их взаимосочетание и противопоставление, разрешаемое посредством больших и малых «открытий» (например, новых видов выгодных товаров) и «изобретений» (например, новых финансовых схем) определяют весь генезис развития выбранной области деятельности: открытие нового явления и создание новой теории обычно стимулируют появление целого класса новых орудий и инструментов и наоборот. В то же время при решении ряда задач недостаток знаний часто компенсируется наличием орудий (средств) и наоборот.

Таким образом, представленный цикл – неперенный «путь мастера» (профессионала в своем деле) в любой предметной области, отражающий единство и борьбу потребностей и возможностей человека (и если новые знания в первую очередь обычно диктуют новые потребности, то новые орудия – дают новые возможности для их удовлетворения). Таково наиболее полное содержание профессиональной деятельности человека в любой предметной области и именно поэтому весь этот процесс, по возможности, многократно воспроизводится в процессах обучения, определяя качество и эффективность приобретения новых знаний обучаемым.

Именно эта схема и принимается за основу при разработке моделей деятельности организаций и людей в различных предметных областях.

Виртуальный круглый стол для моделирования переговоров. Для моделирования процесса переговоров между членами временно организуемых рабочих групп или их Агентами в разрабатываемой системе реализуется виртуальный круглый стол. Виртуальный круглый стол может реализовываться как через локальную, так и через глобальную сети (рис. 5).

Процедура согласования решений организуется следующим способом:

1) конфигурируется начальная сцена общего для всех Агентов Мира действий и задаются цели (задача), общие ресурсы и ограничения;

2) каждый из Агентов считывает состояние сцены и запускает процесс восприятия, планирования действий и их исполнения (при этом загружаются и перезагружаются необходимые Миры знаний и строится модель исходной сцены в этих Мирах); первый из Агентов, спланировавший свою деятельность, делает первый ход, предлагая первое действие из своего сценария;

3) если действие удовлетворяет общим ограничениям и не вызывает противоречий с планами других Агентов, оно считается предварительно принятым. Если нарушены общие ограничения, Агент обязан поменять свои планы, если эти ограничения не нарушены, необходимо решить, кто будет вынужден изменять свои планы: первый Агент или другие, сделавшие свои ходы ранее;

4) очередные Агенты делают свои ходы, выполняя очередные действия из своих сценариев. Если какой-либо Агент вынужден поменять свое решение на каком-либо ходу, делается откат всего процесса переговоров для этого этапа и весь процесс согласования начинается вновь и т.д.

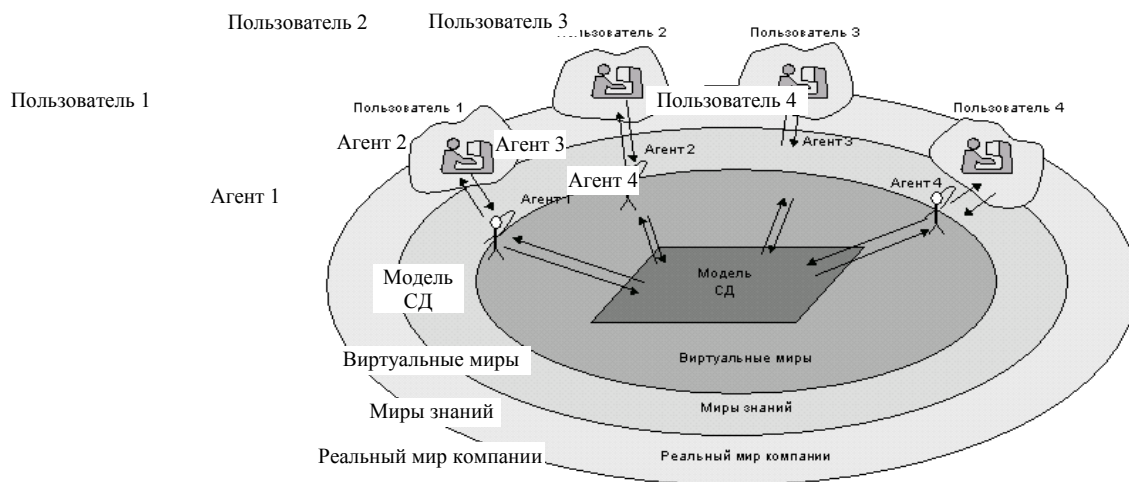


Рис. 5 Виртуальный круглый стол

5) процесс согласования заканчивается, когда достигнута заданная цель.

Очевидно, что данная процедура связана с возможным перебором всех вариантов решений – скорость ее сходимости зависит от глубины базы знаний и интеллектуальных способностей Агентов. Для людей подобная процедура оказывается слишком трудоемкой. В данном случае один и тот же Агент менеджера или специалиста может принимать участие одновременно в целом ряде рабочих совещаний.

Чтобы в полной мере ощутить проблему, достаточно представить себе объем согласований, выполняемых, например, при разработке месторождений нефти, когда за круглым столом могут оказаться геофизик и бурильщик, специалист по прокладке трубопроводов и строитель, экономист и социолог, специалист по охране окружающей среды и т.д. Что будет, если спустя полгода общих усилий выясняется, что один из проектировщиков заложил в сценарий неверные данные и всем другим также придется начинать заново? Не меньше согласований происходит при подготовке больших сделок и в рассматриваемых примерах, если в этот процесс вовлекаются все потенциальные участники кооперации.

Несмотря на наличие множества других сложностей, связанных со сходимостью данного процесса, разрабатываемая система не знает этой главной проблемы и реализует его, например, через Internet, независимо от местоположения участников переговоров.

Предлагается следующая архитектура интеллектуальной системы поддержки согласованной кооперативной работы, позволяющая моделировать деятельность и рассуждения специалистов или менеджеров с целью выявления потенциальных конфликтов между ними (рис. 6):

- База знаний СД – содержит описания среды деятельности, целей и задач, знаний и орудий, сценариев действий, а также всех других компонент рассмотренной выше структуры системы деятельности;
- Моделирующая подсистема – позволяет моделировать процессы деятельности (поведения субъектов деятельности);
- Подсистема расчетов и рассуждений – позволяет моделировать процессы рассуждений (мышления субъектов деятельности);
- Управляющая подсистема – реализует процессы поддержки согласования решений (процедуры виртуального круглого стола – процедуры коммуникации субъектов деятельности). Кроме того, данная подсистема выполняет функции конструктора Миров и конструктора сцен Миров;
- Интерфейсная подсистема – обеспечивает взаимодействие с пользователем;
- Сцены СД – текущие сцены деятельности.

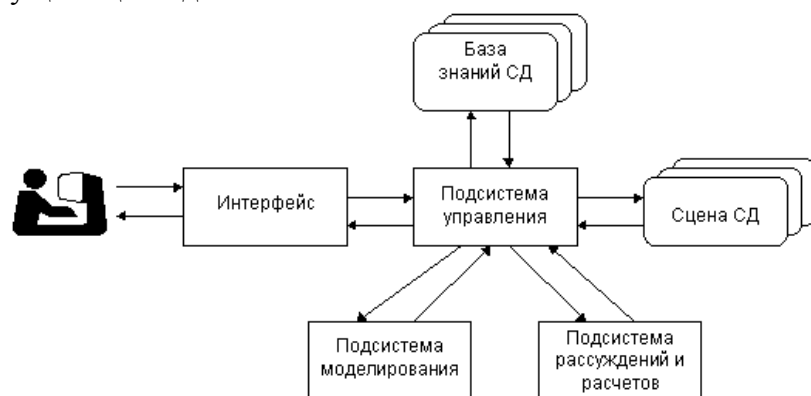


Рис. 6 Архитектура системы

Как видно из предлагаемой схемы, основные компоненты структуры системы связаны с основными моделируемыми компонентами деятельности: поведением, мышлением и коммуникацией.

Аналогичным образом устроен и интерфейс системы (рис. 7), в котором выделены следующие основные поля:

- Поле задания – формализованная постановка задачи;
- Поле действия – рабочее поле для построения сценариев действий (здесь представлен интерфейс одной из подсистем для моделирования деятельности коммерческой компании, работающей в сфере агропродукции), в котором создаются и моделируются сцены общего Мира действий и индивидуальных Миров рассуждений;
- Поле Агентов – здесь отображаются Агенты текущей рабочей группы, которые либо сами активизируются при совершении каких-либо действий или рассуждений, либо могут быть активизированы по инициативе пользователя;
- Магазин объектов – список возможных партнеров по кооперации (или внутренних подразделений компании), которые могут быть размещены в рабочем поле;
- Магазин договоров – список возможных отношений между компаниями (договора учредительские, кредитные и лизинговые, договора реализации, договора купли-продажи и т.д.) и т.д.

В рассматриваемой подсистеме пользователь может вызвать в начальный момент, например, пиктограмму (модель) банка, птицефабрики, торгового дома и магазина. Далее конфигурировать начальную сцену для моделирования, описав интересующие его отношения между ними. Например, торговый дом может взять кредит в банке, осуществить оптовую закупку товара на птицефабрике, отдать товар на реализацию в магазин. При появлении крупного оптового покупателя товара птицефабрики, он вводится в систему и при этом моделируется возможность успешной реализации соответствующей сделки.

Все операции осуществляются путем активизации соответствующих пиктограмм, что открывает для каждого объекта его индивидуальное поле действий. При этом, например, можно в ручном режиме осуществить взятие кредита или отгрузку товара, приобрести акции какого-либо предприятия и т.п.

В системной части меню имеются клавиши доступа к базе знаний (для режимов просмотра и дообучения), конфигурирования моделируемых параметров, помощи пользователю и ряд других.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Мищенко А.В., Ковалев М.И. Управление кредитными ресурсами предприятия реального сектора экономики // Менеджмент в России и за рубежом. 1999. № 4. С. 112 – 124.

2 Мищенко А.В., Емельянов А.М., Протопопов В.В. Оптимизация распределения финансовых ресурсов в задаче перспективного развития производственно-технологического комплекса // Менеджмент в России и за рубежом. 1998. № 4. С. 78 – 86.

3 Новицкий Н.И. Организация производства на предприятиях: Учебно-методическое пособие. М.: Финансы и статистика, 2001. 390 с.

4 Современная математика для инженеров / Под ред. Э.Ф. Беккенбаха. М.: Изд-во иностранной литературы, 1958. 500 с.

- 5 Кузнецов А.В., Сакович В.А., Холод Н.И. Высшая математика. Математическое программирование. Минск: Высшая школа, 1994. 286 с.
- 6 Терехов Л.Л., Шарапов А.Д., Берштейн А.С., Сиднев С.П. Математические методы и модели в планировании. Киев: Высшая школа, 1981. 282 с.
- 7 Недосекин А.О. Применение теории нечетких множеств к задачам управления финансами // Аудит и финансовый анализ. 2000. № 2.
- 8 Кофман А., Хил Алуха Х. Введение теории нечетких множеств в управление предприятиями. Минск: Высшая школа, 1992.
- 9 Смоляк С.А. Учет специфики инвестиционных проектов при оценке их эффективности // Аудит и финансовый анализ. 1999. № 3.
- 10 Макаров В.Л. Исчисление институтов // Экономика и математические методы. 2003. № 2.
- 11 Гурман В.И. Моделирование устойчивого развития с учетом инновационных процессов // Экономика и математические методы. 2003. № 1.
- 12 Виленский В.П. Об одном подходе к учету влияния неопределенности и риска на эффективность инвестиционных проектов // Экономика и математические методы. 2002. № 4.
- 13 Банин А.А., Летавин М.И. Применение балансовой модели в анализе деятельности предприятия // Экономика и математические методы. 2002. № 4.
- 14 Клейнер Г.Б. Моделирование механизма агрегирования приоритетов участников системы принятия решений на предприятии // Экономика и математические методы. 2002. № 3.
- 15 Балацкий Е.В. Функциональные свойства институциональных ловушек // Экономика и математические методы. 2002. № 3.
- 16 Бекларян Л.А., Борисова С.В. Об одной динамической модели замещения производственных мощностей // Экономика и математические методы. 2002. № 3.
- 17 Коковин С.Г., Яворский С.В. Валовая заменимость и сравнительная статика многозначного спроса на рынках с трением: закон Хикса, парадоксы налогообложения // Экономика и математические методы. 2002. № 2.
- 18 Пахомов А.В. Некоторые методы оценки финансово-экономического состояния предприятия // Экономика и математические методы. 2002. № 1.
- 19 Барановская Т.П., Лойко В.И. Модель реформирования предприятия материально-технического снабжения // Экономика и математические методы. 2002. № 1.
- 20 Мицель А.А., Каштанова О.В. Об одном алгоритме формирования оптимального портфеля инвестиционных проектов // Экономика и математические методы. 2001. № 4.
- 21 Косачев Ю.В. Эффективность корпоративной структуры, реализующей инновации // Экономика и математические методы. 2001. № 3.
- 22 Пугачев В.Ф., Пителин А.К. Народнохозяйственная оценка инвестиционных проектов // Экономика и математические методы. 2001. № 2.
- 23 Иванова Н.Ю., Орлов А.И. Экономико-математическое моделирование малого бизнеса (обзор подходов) // Экономика и математические методы. 2001. № 2.
- 24 Смоляк С.А. Оценка эффективности проектов в условиях нечеткой вероятностной неопределенности // Экономика и математические методы. 2001. № 1.
- 25 Бекларян Л.А., Сотский С.В. Оптимизация уровня инвестируемого капитала в задаче согласования инвестиционного контракта // Экономика и математические методы. 2000. № 4.
- 26 Бекларян Л.А., Сотский С.В. Об одной модели согласования инвестиционного контракта // Экономика и математические методы. 2000. № 3.
- 27 Яновский Л.П. Динамическая модель выживания крупного предприятия с рентоориентированным менеджментом // Экономика и математические методы. 2000. № 2.
- 28 Выгон Г.В., Поманский А.Б. Анализ связи технологической эффективности и рыночной капитализации компаний // Экономика и математические методы. 2000. № 2.
- 29 Беленький В.З., Смирнов В.Н. Структура оптимального управления в двухпараметрической одномерной стохастической модели инвестирования (случай экспоненциального распределения) // Экономика и математические методы. 2000. № 2.
- 30 Емец О.А., Емец Е.М. Моделирование некоторых инвестиционных задач с помощью евклидовой комбинаторной оптимизации // Экономика и математические методы. 2000. № 2.
- 31 Косачев Ю.В. Исследование устойчивости динамической модели финансово-промышленной корпоративной структуры // Экономика и математические методы. 2000. № 1.
- 32 Вересков А.И., Пресняков В.Ф. К определению внутренних цен на унитарном предприятии // Экономика и математические методы. 1999. № 4.

- 33 Смоляк С.А. Три проблемы теории эффективности инвестиций // Экономика и математические методы. 1999. № 4.
- 34 Егорова Н.Е. Моделирование деятельности малого предприятия, функционирующего в экономическом симбиозе с крупным промышленным объектом // Экономика и математические методы. 1999. № 2.
- 35 Седова С.В. Модель оптимизации инвестиционных проектов и алгоритмы ее численного анализа // Экономика и математические методы. 1999. № 1.
- 36 Заславский А.А. Комбинированный метод решения задачи о рюкзаке // Экономика и математические методы. 1999. № 1.
- 37 Сиднев С.П. Определение оптимальной очередности обработки m деталей на n станках // Экономика и математические методы. 1999. № 1.
- 38 Смоляк С.А. Оценка эффективности проектов в условиях интервально-вероятностной неопределенности // Экономика и математические методы. 1998. № 3.
- 39 Чернавский Д.С., Щербаков А.В., Старков Н.И., Суслаков Б.А. Ценообразование при максимизации прибыли // Экономика и математические методы. 1998. № 2.
- 40 Кардаш В.А., Арженовский С.В. Исследование инвестиционной стратегии предприятия в условиях инфляции // Экономика и математические методы. 1998. № 1.
- 41 Серов С.И. Оптимальная цена продажи при экспоненциальном спросе // Экономика и математические методы. 1997. № 3.
- 42 Беленький В.З., Слостников А.Д. Модель оптимального инвестирования проекта новой технологии // Экономика и математические методы. 1997. № 3.
- 43 Татевосян Г.М. Обоснование экономической эффективности капитальных вложений с использованием методов оптимизации // Экономика и математические методы. 1997. № 1.
- 44 Жеребин В.М. Экономика домашних хозяйств и некоторые средства ее макро моделирования // Экономика и математические методы. 1997. № 1.
- 45 Медницкий В.Г. Оптимизация состава конечной продукции в системе матричных техпромфинпланов предприятий // Экономика и математические методы. 1996. № 3.
- 46 Медницкий В.Г. Анализ экономической эффективности с помощью оптимизационных моделей // Экономика и математические методы. 1996. № 2.
- 47 Волошинов В.В., Левитин Е.С. Экстремальные ограничения в моделях инвестиционных программ с финансовым механизмом обеспечения предстоящих выплат // Экономика и математические методы. 1996. № 2.

1.5 РАЗРАБОТКА И РАЗВИТИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И МОДЕЛЕЙ ГЛОБАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ, МЕЖОТРАСЛЕВОГО, МЕЖРЕГИОНАЛЬНОГО И МЕЖСТРАНОВОГО СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА, ПОСТРОЕНИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИНДИКАТОРОВ

Модели межотраслевого баланса. В основе модели межотраслевого баланса лежит система линейных уравнений, описывающих соотношения между материальными затратами в каждой из отраслей производства, с одной стороны, и полными и конечными объемами продукции отраслей, с другой стороны.

Пусть имеется N отраслей народного хозяйства. Весь выпускаемый продукт отрасли делится на потребляемый населением и другими отраслями, в том числе внутри той же отрасли.

Тогда

$$X_i = x_1 + x_2 + \dots + x_n + y_i, \quad (1)$$

где X – выпуск продукции отрасли; x – потребление отраслями, y – потребление населением.

В такой системе будет $2n + n^2$ неизвестных. Но если предположим, что поставки из одной отрасли в другую линейно зависят от объема выпускаемой продукции с коэффициентом зависимости a_{ij} , тогда получим

$$X_i = a_{i1} X_1 + a_{i2} X_2 + \dots + a_{in} X_n + y_i, \quad (2)$$

где a_{ij} – коэффициент со значениями от 0 до 1.

Данную систему уравнений легко переписать в матричной форме:

$$\bar{X} = \hat{A}\bar{X} + \bar{Y}. \quad (3)$$

В такой формулировке могут быть решены две задачи.

1 По известному X найти Y . Она решается после преобразования матриц из соотношения:

$$\bar{Y} = (\hat{E} - \hat{A})\bar{X}. \quad (4)$$

Входной информацией является вектор валовой продукции, выходной – потребление.

2 По заданному потреблению найти валовую продукцию:

$$\bar{X} = (\hat{E} - \hat{A})^{-1}\bar{Y}. \quad (5)$$

Здесь решается задача планирования выпуска продукции отраслей для желаемого потребления Y .

Достоинства метода:

- Позволяет планировать отрасли системно с учетом места и веса каждой отрасли.
- Дает возможность планирования на ряд лет, позволяя найти пути подъема как всей экономики страны, так и отдельных отраслей.

Недостатки:

- Опора на матрицу коэффициентов полных затрат приводит к трудоемкому процессу сбора и обработки большого объема статистической информации. Процесс производится с периодичностью пять лет, что не дает полной картины динамики отрасли.
- Нет учета технологических изменений в отраслях за период между сбором информации о матрице затрат.

ЛЕОНТЬЕВ ЭКСТРАПОЛИРОВАЛ МЕТОДИКУ НА ГРУППУ СТРАН ОТДЕЛЬНЫХ КОНТИНЕНТОВ И В КОНЕЧНОМ ИТОГЕ НА МИРОВОЕ ХОЗЯЙСТВО. ЕСЛИ МАРКС ДЕЛИЛ ЭКОНОМИКУ НА ДВА СЕКТОРА: ПРОИЗВОДСТВО СРЕДСТВ ПРОИЗВОДСТВА И СРЕДСТВ ПОТРЕБЛЕНИЯ, ТО ЛЕОНТЬЕВ УВЕЛИЧИЛ КОЛИЧЕСТВО ОТРАСЛЕЙ ДО ПРОИЗВОЛЬНОЙ ВЕЛИЧИНЫ, ДЛЯ КОТОРОЙ МОЖНО СОБРАТЬ ДАННЫЕ. МЕТОД НАПОЛНИЛ ПРАКТИЧЕСКИМ СОДЕРЖАНИЕМ ТЕОРИЮ ОБЩЕГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ. ОН СПОСОБСТВОВАЛ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АППАРАТА ПУТЕМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ, ПРИГОДНЫХ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ РЕАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ, ОБЕСПЕЧИЛ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ НАЦИОНАЛЬНЫХ СЧЕТОВ.

Первоначальным моментом применения метода затраты выпуск является изучение структуры, которая представляется в виде вектора структурных коэффициентов. Его содержание представляет количественные связи между затратами на производство и результатом работы каждого конкретного сектора. Связи представляют собой статистические данные экономики за конкретный период в материально-вещественном выражении.

Модели Леонтьева дают прочную основу государственного регулирования экономики посредством прогнозирования возможных путей развития экономики. Леонтьев писал: «Чтобы прогнозировать развитие экономики, нужен системный подход. Экономика каждой страны это большая система, в которой много разных отраслей, и каждая из них что-то производит промышленную продукцию, услуги, которые передаются другим отраслям. Каждое звено, компонент системы может существовать только потому, что оно получает что-то от других».

Региональная политика. В преодолении кризиса, который переживает российская экономика, важнейшую роль должна сыграть продуманная инвестиционная политика как на общефедеральном уровне, так и на уровне регионов. Каждый из регионов имеет ряд своих специфических особенностей. Задачи, обусловленные этими особенностями, требуют специальных средств для их решения. В связи с этим регионам, наряду с общефедеральными инвестиционными программами, придется формировать свою собственную. При проведении инвестиционной деятельности на региональном уровне наиболее дорогим ресурсом является привлекаемый для этого капитал. Учитывая общую ограниченность свобод-

ного (частного) капитала, направляемого для инвестирования в регионы, последним придется вступить в некоторое соревнование для привлечения капитала.

В децентрализованной экономике решающую роль играет оценка инвестором уровня рентабельности капитала, установившаяся в каждом из регионов по различным направлениям инвестиционной деятельности. В наших условиях важнейшими препятствиями являются отсутствие обоснованных «инвестиционных паспортов» для регионов и высокий уровень рисков, сильно уменьшающий мобильность капитала.

Существующие риски разделяются на две группы. Первая связана с производственно-маркетинговой цепочкой, а вторая – с уровнем криминогенной ситуации, с эффективностью сопровождения инвестиционного проекта управленческой инфраструктурой региона. Инвестор при принятии решения об инвестировании делает выбор не между регионами, а между регионом, который он хорошо знает, с приемлемым для него уровнем рисков, и процедурой размещения средств в ликвидные ценные бумаги на финансовом рынке. В такой ситуации за привлечение капитала регионы будут соревноваться не столько между собой по абсолютным показателям рентабельности капиталовложений, сколько должны будут поддерживать норму прибыли в регионе не ниже нормы прибыли (доходность) на финансовом рынке и соответствовать приемлемому для инвестора уровню рисков.

В нашей ситуации процесс привлечения инвестиционного капитала представляет собой взаимодействие двух лиц – инвестора и региона – на ликвидном рынке ценных бумаг (внешняя среда). При согласовании контракта у каждой из сторон есть свои знания о ситуации на ликвидном рынке ценных бумаг и свои возможности реализации прибыли на этом рынке.

Выделим два важных момента.

1 Случай полной информации, когда у участников инвестиционного проекта одинаковые знания о ликвидном рынке государственных ценных бумаг и одинаковые возможности извлечения прибыли на этом рынке. Этот случай характерен для нынешней ситуации в российской экономике, когда практически весь ликвидный, доходный и надежный сектор на финансовом рынке функционирует в рамках одного единственного финансового инструмента – государственных ценных бумаг.

2 Случай неполной информации, когда у участников разные знания и разные возможности. Этот случай возникнет при дальнейшем падении доходности государственных ценных бумаг, развитии рынка региональных ценных бумаг, корпоративных ценных бумаг, вексельного обращения и ряда новых финансовых инструментов.

Проанализируем инвестиционную политику региона (совокупные отчисления, субсидия, управление уровнем рисков) по отношению к инвесторам и наоборот.

Модель взаимодействия инвестора и региона в случае полной информации. В этой модели изучается контракт по инвестиционной деятельности в рамках выбранного региона, оптимальный по инвестируемому капиталу и по уровню совокупных отчислений, с целью привлечения инвестора, располагающего инвестиционным капиталом.

Капитал, предлагаемый инвестором, предполагается делимым по различным направлениям инвестиционной деятельности. Через K' обозначим максимальную величину капитала, который инвестор предлагает для размещения в рассматриваемом регионе. Предельная величина капитала K' значительно меньше капиталоемкости региона. При нарушении этого условия инвестор взаимодействует с более крупным образованием, в состав которого входит регион, где проводится инвестиционный проект.

Предполагается, что инвестор и регион имеют полную информацию о возможности размещения капитала вне региона, прибыль при таком вложении линейна по объему размещенного капитала и определяется нормой прибыли v . Условие наличия полной информации означает, что величина v является наблюдаемой как для данного региона, так и для инвестора (случай полной информации).

Функция прибыли инвестора внутри региона (внутренняя прибыль) при уровне размещенного внутри капитала K обозначается через $P(K)$. Будем полагать, что $P(K)$ – дважды непрерывно дифференцируемая, монотонно возрастающая и вогнутая функция.

Вложение капитала в регионе приводит к определенным последствиям, которые будем в дальнейшем называть внешней полезностью. Она может быть как положительной (создание дополнительных рабочих мест, появление новых источников для пополнения местного бюджета и т.д.), так и отрицательной (экологический ущерб от размещения данного типа производства и т.д.). В дальнейшем ограничимся ситуацией с неотрицательной внешней полезностью. Внешнюю полезность, порожденную размещением K единиц капитала в регионе, будем обозначать через $W(K)$. Если W не равна тождественно нулю, то $W(K)$ дважды непрерывно дифференцируемая монотонно возрастающая и вогнутая.

Размещение капитала в регионе связано с рисками, которые зависят от производственно-маркетинговой цепочки, учитываются инвестором и считаются допустимыми для данного проекта.

Все остальные виды рисков берет на себя регион. Уровень расходов, связанных с предупреждением рисков, будет описываться функцией $R(K)$, которая дважды непрерывно дифференцируемая, неубывающая и вогнутая.

Через $Z(K)$ обозначим функцию полной полезности региона

$$Z(K) = P(K) + W(K) - R(K). \quad (6)$$

Функция $Z(K)$ также является дважды непрерывнодифференцируемой, монотонно возрастающей и вогнутой.

В ходе согласования контракта инвестор заявляет величину общего объема капитала K , а руководство региона объявляет:

а) величину капитала K , $K < K'$, инвестируемого внутри региона в секторе, интересном для инвестора;

б) уровень совокупных отчислений (субсидий) $N(K)$.

Контракт считается согласованным, если уровень совокупных отчислений и уровень инвестируемого капитала, заданные регионом, таковы, что:

1) регион максимизирует величину своей функции полезности;

2) значение функции полезности инвестора должно быть не хуже, чем при полном размещении капитала K за пределами региона (условие индивидуальной разумности).

Формально такая задача имеет следующий вид

$$\max_{K, N} V(v, K, N(K)) = W(K) + N(K) - R(K) \quad (7)$$

при ограничениях

$$P(K) - N(K) \geq vK, \quad 0 \leq K \leq K'. \quad (8, 9)$$

Из вида функционала (7) следует, что, решая задачу привлечения внешнего капитала (задача (7) – (9)), регион всегда может выбирать уровень совокупных отчислений $N(K)$ таким, чтобы выполнялось условие минимальной индивидуальной разумности (8).

Решение задачи (7) – (9) достигается при такой функции совокупных отчислений $N(K)$, что для функции полезности инвестора справедливо условие

$$U(v, K, N(K)) = vK'. \quad (10)$$

Модель взаимодействия инвестора и региона в случае неполной информации. В данном случае информация о внешних условиях (возможностях размещения капитала за пределами региона) носит вероятностный характер для региона, а инвестор имеет свой, определенный его возможностями, уровень доходности.

В случае неполной информации будем предполагается, что регион при согласовании контракта имеет свое представление о возможностях инвестора, с заданным максимально возможным уровнем капитала K' , разместить капитал вне региона. Эти представления описываются плотностью вероятности $f(v)$ случайной величины v (нормы прибыли при размещении капитала вне региона).

Регион при взаимодействии с инвестором и в частности при формировании стратегии совокупных отчислений должен соблюдать два наиболее важных условия:

1) условие индивидуальной разумности для каждого инвестора (в ходе инвестиционной деятельности в регионе инвестор должен получить прибыли не меньше, чем при размещении этого же капитала вне региона);

2) условие принуждения инвестора к правдивости (в ходе переговоров регион выбирает такую политику совокупных отчислений, чтобы инвестору было не выгодно завышать показатель своей нормы прибыли v (доходности) при размещении капитала за пределами данного региона).

Задача о согласовании инвестиционного контракта между инвестором и регионом сводится к задаче оптимального управления с фазовыми ограничениями. В ней переменной времени является характеристика внешних условий (уровень доходности v , установившийся в данном секторе финансового рынка);

фазовой переменной – уровень осваиваемого инвестиционного капитала; управлением служит предельная норма осваиваемого инвестиционного капитала; а ограничениями – предельный уровень инвестируемого капитала, условие индивидуальной разумности и условие принуждения инвестора к правдивости.

Контракт считается согласованным, если уровень совокупных отчислений $N(K)$ и инвестируемого капитала $K(v)$, заданные регионом таковы, что:

1) для инвестора с произвольной нормой прибыли v при размещении капитала вне региона выполняется условие индивидуальной разумности;

2) у инвестора с произвольной нормой прибыли v при размещении капитала за пределами региона отсутствует возможность манипулировать при заявлении своей величины нормы прибыли v ;

3) регион максимизирует среднее значение своей полезности.

Согласование локальных и глобальных планов. Задачу согласования отраслевых оптимальных планов на народнохозяйственном уровне можно рассматривать как одну из частных постановок общей задачи о соотношении локальных и глобальных интересов, которая поставлена в [1 – 3] и изучалась уже в первых экономико-математических исследованиях, проводившихся как в нашей стране [1 – 12], так и за рубежом [13, 14].

Тем не менее, представляется, что процессы декомпозиции, развивающиеся параллельно в пространствах исходных и двойственных переменных, в отличие от последовательной их реализации – как это делается в общей модели задачи линейного программирования со связующими ограничениями и переменными [15 – 17] – интересны не только для понимания, но и, возможно, для решения указанного круга проблем. Данный метод весьма тесно связан с аппроксимационным подходом, использовавшимся при разработке системы многоступенчатой оптимизации [8] перспективных народнохозяйственных планов

(в рамках которого поэтому находится и настоящая работа), хотя отраслевые задачи рассматриваются здесь в несколько более узкой постановке, чем обычно [18]. В частности, мощности предприятий описываются ограниченными выпуклыми множествами с нулевой точкой, а объединение их в систему осуществляется с помощью линейной технологической модели [11, 19]. Целочисленные переменные при этом не используются. Оптимальный план глобальной задачи строится на основе вариантных расчетов [8] оптимальных планов некоторых совокупностей локальных объектов, часть которых довольно естественно отождествить с хозяйственными отраслями (возникающими в рамках общего для них производственного комплекса), причем удается указать и формальный метод выделения таких структур. Из формальных требований, однако, вытекает, что кроме них в набор локальных объектов должны входить и задачи другого типа, связанные с оптимизацией целевого вектора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Канторович Л.В. Экономический расчет наилучшего использования ресурсов. М.: Изд-во АН СССР, 1959.
- 2 Немчинов В.С. Экономико-математические методы и модели. М.: Соцэкгиз, 1962.
- 3 Новожилов В.В. Проблемы измерения затрат и результатов при оптимальном планировании. М.: Экономика, 1967.
- 4 Канторович Л.В., Макаров В.Л. Оптимальные модели перспективного планирования // Применение математики в экономических исследованиях. М.: Мысль, 1965. Т. 3.
- 5 Каценелинбойген А.И., Овсиенко Ю.В., Фаерман Е.Ю. Проблемы оптимизации экономической системы. М.: ЦЭМИ АН СССР, 1965.
- 6 Волконский В.А. Оптимальное планирование в условиях большой размерности. Итеративные методы и принцип декомпозиции // Экономика и мат. методы. 1965. Т. I. Вып. 2.
- 7 Аганбегян А., Багриновский К. О задачах народнохозяйственного оптимума // Вопросы экономики. 1967. № 10.
- 8 Пугачев В.Ф. Оптимизация планирования. М.: Экономика, 1968.
- 9 Федоренко П.П. О разработке системы оптимального функционирования экономики. М.: Наука, 1968.
- 10 Фаерман Е.Ю. Проблемы долгосрочного планирования. М.: Наука, 1971.
- 11 Макаров В.Л., Рубинов А.М. Математическая теория экономической динамики и равновесия. М.: Наука, 1973.
- 12 Албегов М.М. Проблемы оптимизации территориального планирования // Экономика и математические методы. 1975. Т. XI. Вып. 4.

- 13 Леонтьев В.В. Экономические эссе. Теория, исследования, факты и политика. М.: Политиздат, 1990.
- 14 Данциг Дж.Б., Вульф Ф. Алгоритм разложения для задач линейного программирования // Математика. 1964. Т. 8. № 1.
- 15 Цурков В.И. Декомпозиция в задачах большой размерности. М.: Наука, 1981.
- 16 Медницкий Ю.В. О параллельном использовании метода декомпозиции в паре двойственных задач линейного программирования // Изв. РАН. Теория и системы управления. 1998. № 1.
- 17 Медницкий Ю.В. О декомпозиции задачи линейного программирования со связующими ограничениями и переменными // Изв. РАН. Теория и системы управления. 1998. № 4.
- 18 Медницкий В.Г., Буторин Н.Н. Производственно-транспортные задачи большой размерности и решение их на ЭВМ. М.: Статистика, 1978.
- 19 Гойл Д. Замкнутая линейная модель производства // Линейные неравенства и смежные вопросы. М.: Изд-во иностр. лит., 1959.
- 20 Рокафеллар Р. Выпуклый анализ. М.: Мир, 1973.
- 21 Янг Л. Лекции по вариационному исчислению и теории оптимального управления. М.: Мир, 1974.
- 22 Гейл Д. Теория линейных экономических моделей. М.: Изд-во иностр. лит., 1963.
- 23 Медницкий В.Г., Медницкий Ю.В., Колбанов В.М., Королев В.Г. Формы динамического равновесия замкнутой экономики // Экономика и математические методы. 1998. Т. 34. Вып. 2.
- 24 Юдин Д.Б., Гольштейн Е.Г. Задачи и методы линейного программирования. М.: Сов. радио, 1961.
- 25 Медницкий В.Г., Медницкий Ю.В. О двух новых программных системах для формирования и анализа задач линейного программирования // Экономика и математические методы. 1994. Т. 30. Вып. 3.
- 26 Линдерт П.Х. Экономика мирохозяйственных связей. М.: Прогресс, 1992.
- 27 Дюсуше О.М. К вопросу о модели нелинейных тарифов // Экономика и математические методы. 2003. № 1.
- 28 Антюфеев Г.В., Жигирев Н.Н., Низаметдинов Ш.У. Модели распределения ресурсов мегаполиса между секторами туристского бизнеса // Экономика и математические методы. 2002. № 4.
- 29 Долгий Ю.Ф., Близоруков М.Г. Динамические системы в экономике с дискретным временем // Экономика и математические методы. 2002. № 3.
- 30 Варшавский А.Е. Учет экономических оценок при решении проблем глобальной стабильности // Экономика и математические методы. 2002. № 1.
- 31 Яновский Л.П. Контролирование хаоса в моделях экономического роста // Экономика и математические методы. 2002. № 1.
- 32 Плецинский А.С. Механизм равновесных трансфертных цен при вертикальном взаимодействии производственных экономических агентов // Экономика и математические методы. 2001. № 2.
- 33 Коваленко А.Г. Математические модели межотраслевого баланса в условиях рассредоточенного рынка // Экономика и математические методы. 2001. № 2.
- 34 Беленький В.З., Арушанян И.И., Трофимова Н.А., Френкин Б.Р. Полипродуктовая динамическая межотраслевая модель народного хозяйства с оптимизируемым блоком внешней торговли // Экономика и математические методы. 2001. № 2.
- 35 Фатуев В.А., Годынский Э.Г., Борзенкова С.Ю. Методика выбора оптимальных стратегий управления ресурсами региона // Экономика и математические методы. 2001. № 2.
- 36 Зулькарнаев И.У. Математическое моделирование вертикального распределения прав управления в государстве и теорема Коуза // Экономика и математические методы. 2000. № 4.
- 37 Кича И.В., Токарев В.В. Переход от среднеотраслевых показателей к макроэкономическим // Экономика и математические методы. 2000. № 3.
- 38 Медницкий В.Г., Медницкий Ю.В. О согласовании локальных и глобальных оптимальных планов // Экономика и математические методы. 2000. № 3.
- 39 Багриновский К.А., Прокопова В.С. Новый подход к анализу эквивалентности межотраслевого обмена // Экономика и математические методы. 2000. № 1.
- 40 Гребенников В.Г., Суворов А.В., Шебарова Е.А. Измерения потоков промежуточной продукции и экономического эффекта между институциональными секторами российской экономики // Экономика и математические методы. 1999. № 3.
- 41 Гребенников В.Г., Суворов А.В. Измерения сдвигов в структуре российской экономики (технологический, отраслевой и институциональный аспекты и их взаимосвязь) // Экономика и математические методы. 1998. № 2.

1.6 МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В ФИНАНСОВОМ СЕКТОРЕ ЭКОНОМИКИ, РАЗВИТИЕ МЕТОДА ФИНАНСОВОЙ МАТЕМАТИКИ И АКТУАРНЫХ РАСЧЕТОВ

Формирование инвестиционного портфеля. Центральной задачей при планировании инвестиционной деятельности инвестиционного фонда (банка) является задача оценки прибыльности и уровня риска портфеля инвестиционных проектов.

Предположим, что инвестиционный проект является моделью предприятия. Предприятие рассматривается в качестве подсистемы экономической системы. Таким образом, внутренние параметры экономической системы являются внешними для проекта. Предположим, что существует модель, описывающая зависимость выходных параметров проекта от входных параметров. Следовательно, проблема оценки величины и степени неопределенности выходных параметров проекта определяется оценкой соответствующих показателей для внешних параметров проекта. В свою очередь внешние параметры проекта делятся на макро- и микроэкономические. Эти параметры могут быть оценены следующими методами:

- статистическими;
- построения математических экономических моделей;
- экспертными;
- создания сценариев.

Использование статистических методов затрудняется отсутствием статистических данных или малым размером выборки по некоторым из параметров, что обусловлено уникальностью каждого инвестиционного проекта. Кроме того, с помощью этих методов нельзя предсказать изменение параметров, вызванное изменением внешних условий, так как предпосылкой использования статистических методов является неизменность внешних условий.

Математические экономические модели в настоящее время еще не могут обеспечить точность, существенно превышающую точность метода экспертных оценок, но их применение существенно дороже последнего.

Вышесказанное объясняет популярность методов экспертных оценок и анализа сценариев в инвестиционном проектировании, однако применение в рамках этих методов традиционных математических подходов существенно снижает результативность их использования.

Выделяют пять критериев, по которым можно оценить пригодность использования того или иного математического аппарата к решению проблемы оценки инвестиций. Во-первых, использование данного аппарата должно предполагать минимальное количество априорных предположений, жестко заложенных в данной модели и независимых от оценок эксперта. Во-вторых, аппарат должен позволять извлечь из эксперта максимум информации, которой тот обладает на сознательном и подсознательном уровне. В-третьих, процедура получения информации от эксперта должна быть максимально простой и понятной для опрашиваемого. В-четвертых, математический аппарат должен позволять легко производить быстрые компьютерные расчеты. В-пятых, он должен позволять учитывать как можно большее число сценариев развития ситуации.

Метод анализа иерархий (МАИ) предполагает декомпозицию проблемы на все более простые составляющие части и обработку суждений лица, принимающего решение. В результате определяется относительная значимость исследуемых альтернатив для всех критериев, находящихся в иерархии. Относительная значимость выражается численно в виде векторов приоритетов. Полученные таким образом значения векторов являются оценками по шкале отношений и соответствуют так называемым жестким оценкам.

Можно выделить ряд модификаций МАИ, которые определяются характером связей между критериями и альтернативами, расположенными на самом нижнем уровне иерархии, а также методом сравнения альтернатив.

По характеру связей между критериями и альтернативами определяются два типа иерархий. К первому типу относятся такие, у которых каждый критерий, имеющий связь с альтернативами, связан со всеми рассматриваемыми альтернативами (тип иерархий с одинаковым числом и функциональным со-

ставом альтернатив под критериями). Ко второму типу иерархий принадлежат такие, у которых каждый критерий, имеющий связь с альтернативами, связан не со всеми рассматриваемыми альтернативами (тип иерархий с различным числом и функциональным составом альтернатив под критериями).

Построение иерархии начинается с очерчивания проблемы исследования. Далее строится собственно иерархия, включающая цель, расположенную в ее вершине, промежуточные уровни (например, критерии) и альтернативы, формирующие самый нижний иерархический уровень.

Существуют несколько альтернативных способов графического отображения иерархии. Первый вариант – конкретизация (декомпозиция) заданного множества элементов (в частности, критериев). Вторым вариантом противоположен первому и предполагает синтез более общих элементов из заданных частных. Третий вариант – упорядочение предварительно заданного множества элементов на основе их попарного сравнения.

Для установления относительной важности элементов иерархии используется шкала отношений. Данная шкала позволяет лицу, принимающему решение (ЛПР), ставить в соответствие степеням предпочтения одного сравниваемого объекта перед другим некоторые числа (например, девятибалльная шкала).

После построения иерархии устанавливается метод сравнения ее элементов. Строится множество матриц парных сравнений. Для этого в иерархии выделяются элементы двух типов: элементы – «родители» и элементы – «потомки». Элементы «потомки» воздействуют на соответствующие элементы вышестоящего уровня иерархии, являющиеся по отношению к первым элементами «родителями». Матрицы парных сравнений строятся для всех элементов «потомков», относящихся к соответствующему элементу «родителю». Элементами «родителями» могут являться элементы, принадлежащие любому иерархическому уровню, кроме последнего, на котором расположены, как правило, альтернативы. Парные сравнения проводятся в терминах доминирования одного элемента над другим. Полученные суждения выражаются в целых числах с учетом шкалы.

При проведении попарных сравнений следует отвечать на следующие вопросы: какой из двух сравниваемых элементов важнее или имеет большее воздействие, какой более вероятен и какой предпочтительнее.

При сравнении критериев обычно спрашивают, какой из критериев более важен; при сравнении альтернатив по отношению к критерию – какая из альтернатив более предпочтительна или более вероятна.

Ранжирование элементов, анализируемых с использованием матрицы парных сравнений, осуществляется на основании главных собственных векторов, получаемых в результате обработки матриц.

Иерархический синтез используется для взвешивания собственных векторов матриц парных сравнений альтернатив весами критериев (элементов), имеющихся в иерархии, а также для вычисления суммы по всем соответствующим взвешенным компонентам собственных векторов нижележащего уровня иерархии.

После решения задачи иерархического синтеза оценивается однородность всей иерархии с помощью суммирования показателей однородности всех уровней, приведенных путем «взвешивания» к первому иерархическому уровню, где находится корневая вершина. Число шагов алгоритма по вычислению однородности определяется конкретной иерархией.

Метод принятия решений, основанный на нечеткой математике, позволяет удобно и достаточно объективно производить оценку альтернатив по отдельным критериям. В отличие от других методов, добавление новых альтернатив не изменяет порядок ранее ранжированных наборов. Данную методику можно использовать в инвестиционных фондах, а также в кредитных отделах банков для оценки инвестиционных проектов, формирования инвестиционного портфеля и последующего анализа эффективности управления инвестиционным портфелем. С их помощью можно существенно оптимизировать бюджет капитальных вложений, а также повысить степень обоснованности принятия решений при оценке, анализе и отборе инвестиционных проектов.

Использование нейросетевых технологий. Современный финансовый рынок характеризуется высокой динамичностью происходящих процессов, наличием огромного числа объективных и субъективных факторов, взаимообуславливающих друг друга, относительной скудностью априорной информации о среде. В такой ситуации процесс принятия эффективного решения для большинства экономических агентов крайне затруднен. Инвестор зачастую вынужден реагировать на субъективные показатели. Сложная рыночная ситуация, подкрепляемая неопределенностью, зачастую рождает панику, что в свою очередь также не способствует повышению эффективности принимаемых решений. Поэтому на сегодняшний день особенно актуально изыскание и разработка новых методов моделирования инвестици-

онного портфеля, методов, позволяющих систематизировать, а также эффективно, непрерывно и оперативно оценивать аналитический материал, необходимый инвестору в процессе принятия решения.

Возникает необходимость выработки эффективного метода моделирования инвестиционного портфеля, формируемого экономическим агентом, определения адекватности и возможности его практического использования в ситуации, сложившейся на современном российском рынке ценных бумаг. В частности, для решения указанной проблемы целесообразно применять модели, основанные на применении нейросетевых технологий как инструмента прогнозирования курсовой стоимости ценных бумаг.

Выбор нейронных сетей как инструмента анализа не случаен. Нейронные сети – это принципиально новое направление в прогнозировании, получившее на сегодняшний день широкое распространение. Нейронная сеть – компьютерный алгоритм, построенный по принципу человеческого мозга и обладающий способностью к обучению. Использование компьютерной реализации моделей значительно увеличивает оперативность получения аналитического материала для принятия решений. Следовательно, выполняются такие основные свойства управления, как эффективность, непрерывность и оперативность. Кроме того, в самой природе нейронных сетей заложена возможность анализа большого объема косвенной и зашумленной информации. Все это дает основание предполагать возможность их эффективного использования для решения различного рода финансовых задач.

Инвестор вынужден решать ряд вопросов, связанных с определением эффективности будущих вложений, выбором объекта инвестирования, распределением денежных средств, если объект инвестирования не единствен. Стратегия поведения инвестора зависит от целей, которые он изначально ставит перед собой, а также от его склонности или, наоборот, несклонности к риску.

Инвестиционный риск всегда сопутствует выбору вариантов вложения финансовых ресурсов, что связано со значительной неопределенностью, характерной для современного финансового рынка. Однако существует возможность улучшить условия инвестирования, придав совокупности ценных бумаг такие инвестиционные характеристики, которые недостижимы с позиции отдельно взятой ценной бумаги и возможны только при их комбинации. Инструментом, с помощью которого инвестору обеспечивается требуемая устойчивость дохода при минимальном риске, является портфель ценных бумаг.

Одним из основных этапов формирования и управления портфелем ценных бумаг является мониторинг, представляющий собой непрерывное отслеживание и первичный анализ необходимых статистических данных, представляемых обычно в виде временных рядов. Любая методика анализа временных рядов основана на выявлении закономерностей внутри ряда и последующем их использовании при построении прогноза. Ни один статистический метод не позволит получить сколь угодно адекватный результат, основываясь на хаотических противоречивых исходных данных.

Многие ставшие на сегодняшний день классическими теории формирования портфеля ценных бумаг, в частности теория Марковица, сводят решение задачи формирования портфеля ценных бумаг к оптимизационной задаче. Такая оптимизационная задача предполагает существование множества допустимых портфелей («допустимых», т.е. удовлетворяющих условиям задачи), из которого можно выделить подмножество эффективных портфелей – портфелей, содержащих минимальный риск при заданном доходе или приносящих максимальный доход при заданном максимальном уровне риска, на который готов пойти инвестор. Однако в связи с высокой динамичностью финансового рынка и зачастую его непредсказуемостью понятие «эффективный портфель» становится неоднозначным. Поэтому при формировании портфеля ценных бумаг представляется целесообразным оперировать не в пространстве портфелей, а в пространстве отдельных ценных бумаг. Это существенно снижает размерность задачи и делает ее решение более эффективным.

В этой связи в процессе решения задачи формирования инвестиционного портфеля предлагается на первом этапе построить прогноз курсовой стоимости акций выбранных эмитентов, а затем, опираясь на полученные данные, определить доли акций каждого эмитента в портфеле. Для построения прогноза воспользуемся возможностями нейросетевых технологий.

Нейросетевые технологии – это компьютерный алгоритм, работу которого можно условно разделить на два основных этапа: обучение и построение прогноза. На первом этапе на вход сети подаются данные, необходимые для формирования обучающей выборки. Сеть анализирует и находит взаимосвязь между рядами данных обучающей выборки за период времени n , где n – количество наблюдений обучающей выборки. Обучающая выборка содержит два типа параметров – определяющие (входные) и прогнозируемые (выходные). В нашем случае в качестве выходного параметра используется изменение курсовой стоимости акции. Набор входных, т.е. тех параметров, которые, на наш взгляд, прямо или косвенно связаны с изменением курсовой стоимости акции, предстоит определить. На втором этапе обучения сеть по введенным нами значениям определяющих параметров делает прогноз.

Нейронная сеть состоит из множества отдельных искусственных нейронов. Искусственным нейроном называется элемент, вычисляющий взвешенную сумму V входных величин x_i :

$$V = \sum_{i=1}^N W_i x_i,$$

где N – размерность пространства входных сигналов.

Затем полученная сумма V сравнивается с некой пороговой величиной и вызывает действие нелинейной функции активации f (ее можно охарактеризовать как «решающую функцию»). Коэффициенты W_i – во взвешенной сумме обычно называют весовыми коэффициентами. Выходной сигнал тогда имеет вид $f(V)$ (рис. 1).

Вычисление весовых коэффициентов происходит на этапе обучения в процессе решения нейронной сетью поставленной задачи, в которой нужный ответ определяется как результат анализа примеров, сгруппированных в обучающее множество.

Образно говоря, в обучающем множестве на вход сети подается вектор исходных данных, на выходной узел сообщается желаемое значение результата вычислений. Нейронная сеть присваивает каждому из входных значений его вес W_i , а затем с применением специального алгоритма обучения корректирует эти веса так, чтобы прогнозное значение, получившееся в результате работы сети на выходном узле, было максимально приближено к заданному реальному. Когда это и еще ряд специальных условий выполняются, сеть можно считать обученной и использовать для прогноза.

Таким образом, поскольку качество работы сети определяется, главным образом, качеством построения обучающей выборки, ее тщательная проработка позволит сэкономить массу времени и обеспечить точность прогноза.

Предварительная обработка данных включает в себя сбор данных, их анализ и, наконец, преобразование с целью сделать информацию более содержательной и удобной для сети.

Прежде всего надо определить необходимый набор данных, которые будут использоваться в процессе решения. Для эффективной работы нейронной сети нужен большой объем анализируемой информации, прямо или косвенно связанной с изменением курсовой стоимости рассматриваемых ценных бумаг. Здесь, кроме котировок самих акций, необходимо использовать еще ряд различных показателей. Как наиболее информативные можно определить следующие:

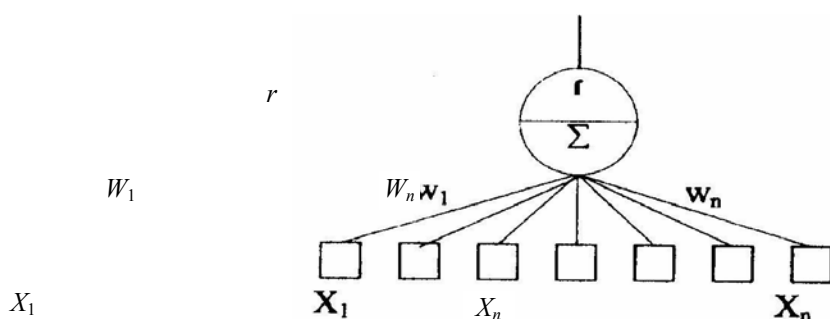


Рис. 1 Схема искусственного нейрона

- объемы торгов по вышеназванным акциям;
- индекс Российской Торговой Системы (РТС);
- индекс Доу-Джонса («DJA» – Нью-Йоркская фондовая биржа);
- индекс НИККЕЙ («NIKKEI» – Токийская фондовая биржа);
- индекс Хонг-Сенг («Hang Seng» – Гонконгская фондовая биржа);
- динамика изменения учетной ставки ЦБ РФ;
- динамика курса долл./р. и евро/р. на ММВБ.

Поскольку задача нейронной сети состоит в прогнозировании искомого значения по заданным входным параметрам, то необходимо пояснить целесообразность включения каждого показателя в обучающую выборку нейронной сети.

Целесообразность включения котировок ценных бумаг очевидна и не требует пояснения: они содержат информацию о динамике изменения курсов акций; объемы торгов, с одной стороны, подтверждают происходящие ценовые изменения, а с другой – являются индикатором будущих изменений. Индекс РТС, рассчитанный по капитализации эмитента, показывает общее движение российского рынка ценных бумаг; колебания других индексов мирового финансового рынка – индекса Доу-Джонса, индекса НИККЕЙ, индекса Хонг-Сенг – оказывают ощутимое влияние на колебания курсовой стоимости рос-

сийских ценных бумаг. Динамика курса доллар/рубль и евро/рубль на ММВБ является хорошим показателем, поскольку при изменении конъюнктуры рынка деньги инвесторов могут свободно перетекать с фондового рынка на валютный и наоборот. Динамика изменения учетной ставки ЦБ РФ включается в набор информативных показателей как инструмент кредитно-денежной политики, оказывающий прямое воздействие на основные индикаторы денежного рынка.

Результаты корреляционного анализа соответствующих данных подтверждают состоятельность предположений о целесообразности включения вышеописанных показателей в обучающую выборку, а также показывают степень зависимости и временной лаг.

Теперь необходимо преобразовать имеющуюся информацию в вид, понятный и содержательный для сети.

Невозможно получить сколько-нибудь удовлетворительный результат с помощью нейронных сетей, подав на вход необработанные, «сырые» данные. Для работы с нейронными сетями важно не только тщательно отобрать показатели: необходимо также представить их в определенной, «понятной» для сети форме. Можно выделить два основных правила, согласно которым формируется обучающая выборка для нейронной сети.

Нейронные сети лучше реагируют не на исходные ряды данных, а на ряды приращений. Этот факт можно объяснить следующим образом. В нейронной сети задается диапазон значений, определяемый наибольшим и наименьшим значениями из обучающей выборки. Если этот диапазон велик, а сами значения при переходе от наблюдения к наблюдению изменяются на незначительную по сравнению с диапазоном величину, то нейронная сеть попросту не придаст должного значения этим изменениям. Кроме того, использование при работе с сетью приращений позволяет получать прогноз в случае, когда абсолютные значения переменных, на основе которых строится прогноз, выходят за пределы диапазона, установленного при обучении.

Таким образом, чтобы оптимизировать обучение и работу сети, преобразуем все исходные ряды в ряды приращений следующим образом:

$$\Delta_i = (p_i - p_{i-1}) / p_{i-1},$$

где p_i – значение показателя p в момент времени i .

ДРУГОЙ ОСОБЕННОСТЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ЯВЛЯЕТСЯ ТО, КАКИМ ОБРАЗОМ ПРОИСХОДИТ ОБРАБОТКА ДАННЫХ. ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СТАНДАРТНОГО АЛГОРИТМА ОБРАТНОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ ОШИБКИ СЕТЬ «ВИДИТ» И АНАЛИЗИРУЕТ ДАННЫЕ ИСХОДНОЙ МАТРИЦЫ РЯДАМИ (СТРОКАМИ). ЧТОБЫ НЕЙРОННАЯ СЕТЬ СМОГЛА «УВИДЕТЬ» ТРЕНДЫ, НУЖНО ПРЕДСТАВИТЬ ДАННЫЕ ТАКИМ ОБРАЗОМ, ЧТОБЫ В КАЖДОЙ СТРОКЕ ОБУЧАЮЩЕЙ МАТРИЦЫ ОТРАЖАЛАСЬ «ИСТОРИЯ» ВРЕМЕННОГО РЯДА, Т.Е. СОДЕРЖАЛАСЬ ИНФОРМАЦИЯ КАК О ТЕКУЩЕМ НАБЛЮДЕНИИ, ТАК И О ПРОШЛЫХ НАБЛЮДЕНИЯХ. НАПРИМЕР, ЕСЛИ ПО СМЫСЛУ ЗАДАЧИ НУЖНО, ЧТОБЫ СЕТЬ ПРИ РАБОТЕ УЧИТЫВАЛА ЗНАЧЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ЗА 10 ПРЕДШЕСТВУЮЩИХ ДНЕЙ, ТО ПРИ СОСТАВЛЕНИИ ОБУЧАЮЩЕЙ ВЫБОРКИ В КАЖДОМ РЯДУ (СТРОКЕ) ДОЛЖНА БЫТЬ ОТРАЖЕНА ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЯ ЗА ВСЕ ЭТИ 10 ДНЕЙ. ЭТО ДОСТИГАЕТСЯ ПУТЕМ СДВИГА КОЛОНКИ, ПРЕДСТАВЛЯЮЩЕЙ ДАННЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ, НА 1, 2, 3, ..., 10 ДНЕЙ.

При решении нашей задачи мы будем учитывать пятидневную историю, т.е. все изменения, которые происходили в течение предшествующей недели. Здесь нужно заметить, что попытки рассматривать более длинную «историю» приводят к сокращению числа наблюдений в обучающей выборке и к одновременному неоправданному ее росту «вширь», что может отрицательно повлиять на способность сети к обучению.

Далее, для того чтобы сеть могла более эффективно выявить тренды, вставляем трех- и пятидневные скользящие средние. Теперь обучающая выборка практически готова. Последний вопрос, который необходимо прояснить: сколько наблюдений должно участвовать в обучении? Решение этой проблемы зависит от конкретной задачи, и в некоторых задачах определить объем обучающей выборки бывает совсем непросто. С одной стороны, увеличение числа наблюдений снижает шум, с другой, увеличивая число наблюдений, нужно помнить о том, что слишком старые наблюдения могут не иметь никакого отношения к сегодняшнему дню.

На этапе обучения возникают две главные проблемы: каким образом следует установить параметры обучения и когда следует остановить процесс обучения.

На сегодняшний день не существует никаких алгоритмов, с помощью которых можно было бы настроить параметры обучения под конкретную задачу: настройка производится методом проб и ошибок, и нет никакой гарантии, что в конце концов выбранные параметры настройки окажутся оптимальными.

Для того чтобы понять, когда сеть уже готова к работе, используется тестирование сети. Еще до начала обучения от обучающей выборки автоматически отделяются случайно отобранные 10 % наблюдений, эти наблюдения в обучении не участвуют, но по ним можно наблюдать за процессом обучения. Если в процессе обучения результаты тестирования улучшаются, то сеть еще способна к обучению, если же происходит ухудшение, то этот факт может указывать на возможное переобучение. Другим параметром, по которому можно судить о готовности сети к работе, является значение среднеквадратической ошибки по тестовой выборке. До тех пор, пока в процессе обучения ошибка снижается, имеет смысл продолжать обучение, но как только ошибка застывает на месте или начинает увеличиваться, нужно либо пересмотреть настройки, либо удовлетвориться достигнутым приближением.

Эта процедура занимает много времени: очень редко получается хорошая сеть с первого раза и приходится снова и снова повторять процесс обучения.

По итогам каждого следующего торгового дня мы можем вводить в сеть необходимые параметры и получать прогноз курсовой стоимости акций на следующий торговый день, что дает нам возможность фактически без дальнейших затрат на аналитику осуществлять активное управление портфелем. Однако с течением времени качество прогноза наших сетей будет ухудшаться. Это может быть обусловлено, например, резкими изменениями рыночной конъюнктуры, появлением ряда новых факторов, влияющих на рынок и соответственно не учтенных в обучающей выборке.

Критерии оценки качества модели могут быть различными, самый распространенный – это проверка критерия согласия (СКО и др.) на тестовом множестве, которое составляется из реальных данных.

Модель Марковица статична, она имеет цель снизить риск. Однако она «неповоротлива», поскольку многие новые тенденции, появляющиеся на рынке, не находят моментального и достаточно точного отражения в этой модели. В связи с этим наиболее актуальным и перспективным будет метод, способный одновременно анализировать множество значимых параметров и тем самым оперативно и непрерывно отражать происходящие процессы, что существенно повысит качество получаемой информации.

Сегодняшний уровень нейросетевого программного обеспечения и его инструментальные возможности выводят метод в ряд важнейших инструментов финансового инвестиционного анализа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Багриновский К.А., Егорова Н.Е., Смулов А.М. Предприятия и банки: взаимодействие, экономический анализ, моделирование // Экономика и математические методы. 2003. № 1.
- 2 Николаев Л.К. О циклах экономической активности в процессе роста капитала // Экономика и математические методы. 2003. № 1.
- 3 Нагаев А.В. Два замечания по поводу дискретной модели финансового рынка // Экономика и математические методы. 2002. № 3.
- 4 Осадчий М.С., Шмырев В.И. Оптимизация лизинговых платежей // Экономика и математические методы. 2002. № 2.
- 5 Вишняков И.В. Стохастическая модель динамики объемов банковских депозитов «до востребования» // Экономика и математические методы. 2002. № 1.
- 6 Асанов А.А., Борисенков П.В., Ларичев О.И., Нарыжный Е.В., Ройзензон Г.В. Метод многокритериальной классификации ЦИКЛ и его применение для анализа кредитного риска // Экономика и математические методы. 2001. № 2.
- 7 Перминов С.Б., Ващилко Т.В. Эконометрический анализ взаимовлияния курсов акций технологического сектора фондового рынка // Экономика и математические методы. 2001. № 1.
- 8 Дорофеев Е.А. Облигации с переменным купоном: принципы ценообразования // Экономика и математические методы. 2000. № 1.
- 9 Седелев Б.В. Надежность прогнозирования временных рядов и вопросы «разладки» их регрессионных моделей // Экономика и математические методы. 2000. № 1.
- 10 Звягинцев А.И. Экстремальные задачи и рынок облигационных займов // Экономика и математические методы. 2000. № 1.

- 11 Бурьян С.Б. Приближенный алгоритм для развязки межбанковских неплатежей // Экономика и математические методы. 2000. № 1.
- 12 Иванов Ю.Н., Симунек В., Сотникова Р.А. Оптимальная кредитная политика предприятия и банка // Экономика и математические методы. 1999. № 4.
- 13 Щукина Л.Б. Развитие рынка ценных бумаг и активизация инвестиционных процессов // Экономика и математические методы. 1999. № 4.
- 14 Первозванский А.А. Оптимальный портфель ценных бумаг на нестационарном неравновесном рынке // Экономика и математические методы. 1999. № 3.
- 15 Шоломицкий А.Г., Рачкова С.Б. Об одной модели перестрахования // Экономика и математические методы. 1998. № 1.
- 16 Гуриев С.М., Поспелов И.Г. Модель деятельности банка при отсутствии инфляции и экономического роста // Экономика и математические методы. 1997. № 3.
- 17 Шоргин С.Я. Асимптотические оценки оптимальных страховых тарифов на основе факторизационной модели индивидуального иска // Экономика и математические методы. 1996. № 3.
- 18 Биншток Ф.И. Об одном методе учета трудового вклада при распределении привилегированных акций // Экономика и математические методы. 1996. № 2.
- 19 Жак С.В. Стоимость акций и дивиденды // Экономика и математические методы. 1996. № 2.
- 20 Игнаточкин В. Нужно ли эффективное множество для оптимизации портфеля? // Рынок ценных бумаг. 1998. № 8.
- 21 Ломакин М. Оптимальный портфель инвестиционных проектов // Инвестиции в России. 2001. № 2.
- 22 Недосекин А.О. Применение теории нечетких множеств к задачам управления финансами // Аудит и финансовый анализ. 2000. № 2.
- 23 Кузнецов С.В., Ириков И.В. Математическое моделирование задач управления финансовыми потоками // <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2001/126.pdf>.
- 24 Шакирова Н.Ф. Моделирование сетями Петри поведения игроков на финансовом рынке // <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2002/185.pdf>.
- 25 Первозванский А.А., Первозванская Т.Н. Финансовый рынок: расчеты и риск. М.: ИНФРА-М, 1994.
- 26 Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Анализ, синтез, планирование решений в экономике // Финансы и статистика, 2000.
- 27 Конюховский П.В. Математические методы исследования операций в экономике. СПб.: Питер Ком, 2000.
- 28 Виленский П.Л., Лившиц В.Н. Оценка эффективности инвестиционных проектов. М.: Дело, 1998.
- 29 Идрисов А.Б., Картышев С.В., Постников А.В. Стратегическое планирование и анализ эффективности инвестиций. М.: ИД «Филинь», 1997.
- 30 Ковалев В.В. Методы оценки инвестиционных проектов. М.: Финансы и статистика, 1998.
- 31 Бирман Г., Шмидт С. Экономический анализ инвестиционных проектов: Пер. с англ. / Под. ред. Л.П. Белых. М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1997.
- 32 Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий: Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1989.
- 33 Борисов А.Н., Крумберг О.А., Федоров И.П. Принятие решений на основе нечетких моделей. Рига: Зинатне, 1990.
- 34 Канторович Л.В., Горстко А.Б. Оптимальные решения в экономике. М.: Наука, 1972.
- 35 Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств: Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1982.
- 36 Емельянов С.В., Ларичев О.И. Многокритериальные методы принятия решений. М.: Знание, 1985.

1.7 ПОСТРОЕНИЕ И ПРИКЛАДНОЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКИХ И КОМПЬЮТЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ И ЕЕ СЕКТОРОВ

Стимулирование новых технологий. При этом в качестве механизма структурной перестройки экономики рассматривается система федеративных, региональных и отраслевых программ, направленных на переход к пятому технологическому укладу, ресурсосберегающему типу производства, многоукладной экономике, эффективному включению экономики России в мировое хозяйство. В проектах разработки системы таких программ подчеркивается необходимость согласования их конечных и промежуточных результатов, выдвигается важное требование непротиворечивости критериев оценки, разработки способов взаимодействия программного подхода и развивающегося рыночного сектора. Одна-

ко не всегда ясен вопрос об источниках финансирования целевых программ, реализация которых может потребовать значительного времени. Такие традиционно обсуждаемые способы финансирования, как федеральный бюджет, в современных условиях представляются весьма ограниченными, поэтому центр тяжести решения проблемы финансирования следует перенести на осуществление отраслевых и региональных программ, а также развитие научно-технических программ непосредственно на предприятиях. Для этого полезно рассмотреть различные способы управления переходом к ресурсосберегающим технологиям, в том числе такие, которые приводят к естественным изменениям, экономически выгодным для предприятия.

Предварительный анализ таких способов позволяет выделить следующие основные направления структурной перестройки на уровне отрасли или крупного предприятия (фирмы).

1 Поощрение и поддержка прогрессивных технологий путем увеличения мощности действующих ресурсообрабатывающих производств со сравнительно низкой себестоимостью продукции. В этом случае происходит перераспределение заказов на ущерб расточительным производствам, ведущее к вытеснению остальных технологий и повышению прибыльности отрасли (предприятия).

2 Переход к использованию новых технологий на отстающих производствах, позволяющих повысить рентабельность всей отрасли и модернизировать ее.

Однако дополнительные затраты и время для реализации этих мероприятий весьма велики, поэтому осуществление такого рода программ требует серьезной внутренней мотивации той организации, которая ее выполняет.

Делается попытка изучения того, как происходит перестройка технологической структуры экономики путем внедрения и распространения прогрессивных технологий в развитой рыночной экономике.

Страна считается наделенной в избытке некоторым производственным фактором F , если в ней соотношение между количеством F и числом прочих факторов выше, чем в остальном мире.

Продукт называется F -фактороемким, если доля затрат фактора F в его стоимости выше, чем в стоимости других продуктов. Можно также сказать, что фактор F интенсивно используется в производстве данного продукта.

Конечно, при этом соотношения между количествами полагаются относительными. Например, говорят, что страна имеет в избытке земельные угодья, если в расчете на одного работника в ней приходится их больше, чем в остальном мире. Аналогично характеризуются различные технологии производства одного и того же (или близких) продуктов. Если технология описывается с помощью вектора затрат производственных факторов, необходимых для выпуска единицы продукции, то более интенсивно расходуемому фактору будут соответствовать относительно большие коэффициенты.

В практике международной торговли достаточно давно наблюдается неравномерное изменение цен факторов при изменении цен па товары, выступающие на международном рынке. В частности, замечено, что при повышении цен на пшеницу, экспортируемую из США, происходит существенный рост арендной платы за землю, гораздо больший, чем повышение оплаты труда. Как выяснилось, это связано с тем, что растущее производство пшеницы порождает спрос па землю и совсем небольшой на дополнительную рабочую силу. Таким образом, возникает неравномерность и в спросе, которая, согласно рыночным механизмам, вызывает соответствующее изменение цен на указанные факторы производства. Эти наблюдения достаточно хорошо согласуются с положениями современной международной торговли (теории Хеншера – Олина, см., например, [4]), которая основана на следующем важном утверждении. Взаимовыгодность и полезность международной торговли объясняется прежде всего тем, что каждая страна предоставляет на внешний рынок товар, для производства которого используется избыточный в этой стране фактор (земли для производства пшеницы в США). Таким образом, в сердцевине международного обмена находится не торговля товарами, а торговля избыточными факторами. Поэтому динамика цен на товары обязательно приводит к изменению цен на факторы. Аналогично можно утверждать, что изменение запасов избыточных факторов (ресурсов) существенно влияет на объемы выпуска товаров, особенно тех, которые предназначены для экспорта.

Более точная формулировка этого факта содержится в теореме Рыбчинского, доказанной в 1955 г. для простой линейной модели производства. Для этой модели справедливо утверждение, что возрастание объема одного фактора при сохранении всех остальных параметров неизменными приводит к увеличению выпуска тех продуктов, которые используют этот фактор относительно интенсивно, и к уменьшению выпуска продуктов, использующих этот фактор недостаточно интенсивно.

Следует напомнить, что в простой линейной модели (два продукта, два фактора)

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 = R_1;$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 = R_2,$$

где x_1, x_2 – соответственно количества первого и второго продуктов; R_1, R_2 – количества ресурсов (факторов); $a_{ij}, i, j = 1, 2$, – коэффициенты затрат.

Первый фактор называется относительно интенсивно используемым при производстве первого продукта, если выполняется соотношение $(a_{11}/a_{12}) > (a_{21}/a_{22})$.

Необходимые определения для всех остальных случаев легко получить по аналогии.

Из теоремы Рыбчинского вытекает, в частности, что разработка новых продуктов (месторождений) может привести к торможению развития других отраслей, например обрабатывающей промышленности вследствие отвлечения рабочей силы; и наоборот, рост капитала и квалифицированной рабочей силы приводит к сокращению добычи полезных ископаемых и увеличению импорта сырья.

По существу двойственным аналогом теоремы Рыбчинского является теорема Столпера-Самуэльсона, доказанная в 1941 г. также для линейной модели (2×2) , которая утверждает, что повышение цены любого продукта при неизменных остальных параметрах приводит к повышению цен тех факторов, которые относительно интенсивно применяются в производстве этого продукта, и к снижению цен тех факторов, которые используются в этой технологии относительно неинтенсивно.

Следует отметить, что в примерах авторов теоремы, в расчетах на линейных моделях (моделях линейного программирования) большой размерности наблюдается заметный мультипликативный эффект. Это означает, что, например, при повышении цены товара на 10 % цена относительно интенсивно используемого фактора изменяется в сторону увеличения на 20 %, а относительно неинтенсивно используемого – на столько же уменьшается. Таким образом, изменение цен происходит неравномерно, как это и бывает на практике, причем в теории разрыв в ценах факторов может быть весьма значительным и расти по мере повышения цены на рассматриваемый товар.

Для того чтобы сделать более точные выводы, были проанализированы сложные модели комплексов взаимосвязанных производств типа межотраслевого баланса. Расчеты по ним дают возможность определить, какую часть в стоимости товара составляет оплата данного фактора не только у производителей конечного продукта, но и у поставщиков промежуточной продукции. При этом применялась нелинейная модель производства, в которой расход факторов определяется при помощи функций издержек, в свою очередь зависящих от внутренних цен производственных факторов. Эта модель является нелинейным аналогом группы соотношений-равенств двойственной задачи линейной программирования, упомянутой выше.

Численные расчеты показали, что отмеченные свойства полностью сохраняются и в нелинейной модели, если придерживаться определения относительно интенсивно используемого ресурса для линеаризованной системы. При изменении экспортных цен для этой модели происходит увеличение одних внутренних цен, уменьшение других и «автоматический» отбор наиболее «экономичных» технологий. Впрочем, некоторые из них могут не иметь реального аналога.

Для исследования возможности воздействия ценовой политики на экономическую оценку технологий в рыночных условиях и в обстановке перехода к рыночной экономике используется следующая модель рыночного равновесия.

При помощи модели рассматривается задача нахождения и достижения равновесного состояния в сложной системе из трех секторов: потребительского, производственного и сектора ресурсного обеспечения производства. При этом применялся вариант равновесной модели, в котором использовались логарифмическая функция полезности и степенные производственные функции (типа Кобб-Дугласа). Бюджетный сектор представлен в модели функцией полезности вида

$$U(x) = \sum_{j=1}^n b_j \ln x_j$$

и условием

$$\sum_{j=1}^n p_j x_j \leq I,$$

где $b_j > 0$ – коэффициенты, отражающие относительные предпочтения потребителей по отношению к различным благам; $p_j, j = 1, \dots, n$ – цены конечных продуктов; I – доход потребительского сектора.

Производственный вектор описан с помощью производственных функций

$$y_j = c_j \prod_{l=1}^s r_{jl}^{a_{jl}}, \quad j = 1, \dots, n,$$

где $c_j > 0$ – масштабные коэффициенты; $a_{jl} > 0$ – коэффициенты эластичности; r_{jl} – объем использования производственного фактора l в отрасли j .

Ресурсный сектор определен объемами производственных факторов (труда, капитала, земли, топлива, энергии и т.п.) R_l , $l = 1, \dots, s$, предназначенных для использования данной производственной системой. Возможности производственного сектора связаны ограничениями

$$\sum_{j=1}^n r_{jl} \leq R_l, \quad l = 1, \dots, s.$$

Условия оптимального поведения потребительского сектора имеют вид

$$b_j / x_j = p_j, \quad j = 1, \dots, n.$$

Оптимальный выбор производителей (максимизация прибыли) выражается системой соотношений

$$p_j a_{jl} y_j = w_l r_{jl}, \quad j = 1, \dots, n, \quad l = 1, \dots, s,$$

где w_l – внутренняя цена на l -й фактор производства.

Условия равновесия дают равенства

$$x_j = y_j, \quad j = 1, \dots, n.$$

Основной вариант человеко-машинной диалоговой системы базируется на представленной выше специальной равновесной модели, входами в которую являются экзогенно заданные цены на конечные продукты p_j , $j = 1, \dots, n$.

Расчеты осуществляются в следующем порядке.

1 Определяются характеристические показатели для производственных функций отраслей при фиксированном наборе технологий. В конкретном случае функций Кобба–Дугласа вычисляются коэффициенты эластичности факторов (a_{jl}) и масштабные коэффициенты (c_j).

2 С помощью итерационного алгоритма рассчитываются внутренние цены факторов (w_l), на основе которых эксперт (ЛПР) получает возможность оценить величину относительного подорожания и/или удешевления производственных факторов.

3 Устанавливаются прибыли отраслей, соответствующие данной системе цен на конечные продукты и принятому набору технологий.

На базе этой информации оценивается эффект возможных технологических преобразований и ЛПР выявляет отрасль, наиболее нуждающуюся в изменении технологии (технологической перестройке). Это определение может быть осуществлено путем использования различных критериев. В системе предусмотрен выбор по наименьшей прибыльности, а также по признаку наибольшего отклонения от прибыли, соответствующей эквивалентному межотраслевому обмену (ЭМО).

Здесь возможны два пути:

а) ЛПР не находит отрасли, нуждающейся в изменении технологии; в этом случае расчетная процедура заканчивается и система прекращает работу при данных ценах на конечные продукты и передает управление блоку изменения цен на конечные продукты;

б) ЛПР определяет номер отрасли, у которой необходимо провести технологическую перестройку, и передает управление в блок изменения технологий.

4 Блок изменения технологической структуры отрасли является одним из самых сложных в диалоговой системе и выполнен в таких вариантах:

а) устанавливается экспертная оценка возможного структурного сдвига с последующим изменением характеристических показателей производственной функции и подсчетом затрат на реализацию этого сдвига;

б) решается оптимизационная задача с включением новой технологии в сложившуюся технологическую структуру. При этом для отрасли j используется оптимизационная задача вида

$$\sum_{k=1}^{T_j} y_{jk} z_k \rightarrow \max;$$

$$\sum_{k=1}^{T_j} p_{jkl} z_k \leq r_{jl}, \quad l = 1, \dots, s_j;$$

$$z_k \geq 0, \quad k = 1, \dots, T_j,$$

где z_k – интенсивность способа k , применяемого в отрасли j ; y_{jk} – количество продукта j , произведенного по технологии k при единичной интенсивности ее использования; p_{jkl} – соответствующие затраты ресурса с номером l .

Обозначим через u_{jl} двойственную оценку ограничения по ресурсу; y_j^* – оптимальное решение задачи.

Для коэффициента эластичности имеем выражение

$$a_{jl} = \frac{u_{jl} r_{jl}}{y_j^*}, \quad j = 1, \dots, s_j,$$

которое используется для корректировки характеристических показателей производственной функции. В этом случае необходимые затраты оцениваются в ходе решения задачи.

После выполнения операций в блоке изменения технологий возникает новая информация о производственной функции преобразуемой отрасли; она передается в первый блок, с которого начинается новый расчетный цикл.

5 Блок изменения цен используется для имитации внешнего воздействия на данную многоотраслевую систему. С помощью этого блока исследователь может оценить, как меняются внутренние цены факторов, объемы выпуска продукции, прибыли отраслей, а также как распределяются ресурсы между отраслями в случае спонтанного или целенаправленного изменения цены конечного продукта одной или нескольких отраслей. В качестве основных выходных характеристик блока ЛПР берёт две величины: коэффициенты эластичности равновесной ставки заработной платы (E_w) и платы за услуги капитала (E_r).

При повышении цен на продукцию строительства и торговли (увеличение торговых наценок) растет оплата труда и снижаются цены на услуги капитала. Это означает, что в результате указанных действий в системе в целом создаются благоприятные условия для более капиталоемких и менее трудоемких способов производства. Снижение цен на продукцию отраслей промышленности, сельского хозяйства и транспорта создает благоприятные условия для использования капиталоемких технологий.

Следует отметить, что эффект одновременного изменения цен в нескольких отраслях меньше результата последовательного изменения цен в этих же отраслях.

Если коэффициенты эластичности достаточно близки, то увеличение (уменьшение) цены продукта вызывает также увеличение (уменьшение) цен факторов, причем достаточно равномерное. Значительные отклонения от равномерного изменения происходят тогда, когда коэффициенты эластичности различаются в несколько раз. Если же указанные коэффициенты различаются на порядок и более, то наблюдается эффект, отмеченный выше для линейных моделей: при повышении цены продукта цена высокоэластичного фактора резко повышается, а слабоэластичного – понижается. Таким образом, эффект неравномерного изменения внутренних цен факторов при изменении цены продукта действительно имеет место и его последствия могут быть просчитаны на подходящем фактическом материале для конкретных экономических объектов (страны, регионов, отраслей, предприятий). В краткосрочном плане эффект для объекта увеличения цены на продукт будет следующим: пока запасы производственных факторов заняты в прежних (традиционных) способах производства, внутренний рынок факторов окажется выведенным из равновесия. Причиной является возникновение более высокой платы за факторы, интенсивно используемые в процессе производства и, следовательно, пользующиеся более высоким спросом. В результате старые производственные способы, как правило, становятся излишне дорогими для производителей конечного продукта. Неравномерность повышения цен па факторы приводит к тому, что поставщики тех факторов, которые дешевет (или недостаточно быстро дорожают), могут прекратить свою деятельность, поскольку она становится мало доходной или даже убыточной. Естественный выход из создавшейся ситуации состоит в том, что в результате научных изысканий, изобретательских усилий и конструкторских работ должны быть найдены новые способы производства – более экономичные в отношении затрат интенсивно используемых факторов. Как правило, эти способы отлича-

ются существенным сбережением основных ресурсов по сравнению с прежними способами и обеспечивают общее развитие технического прогресса в долгосрочном плане. Непосредственное воздействие изменения цен на внедрение прогрессивных технологий может быть следствием различных причин. Такое явление имеет место в экономике, открытой для международной торговли, где огромно влияние мировых цен, складывающихся в результате конкурентной борьбы за рынки. В этой обстановке производители каждой страны будут постоянно озабочены внедрением новых производственных способов и применением нестандартных решений, чтобы не остаться в стороне от общего потока технологического прогресса. Однако можно иметь в виду целенаправленную ценовую политику внутри страны, которая стимулирует увеличение дефицитных факторов, направленную на то, чтобы побудить предприятия использовать более экономичные технологии за счет, может быть, привлечения менее дорогих ресурсов. Именно повышение уровня открытости и изыскания и осуществление ценовой политики совместно с разработкой системы целевых программ дает возможность найти эффективное решение проблемы структурной перестройки экономики России.

Внутренний мониторинг позволяет предприятию определить свой технологический потенциал, сформировать стратегию перехода к новым технологиям в рыночной среде, контролировать соответствие технических решений стратегическим направлениям.

Внешний мониторинг деятельности предприятия дает возможность проанализировать конкурентные преимущества предприятий различных типов, выявить наиболее и наименее эффективные области приложения ресурсов, сравнить свои приоритеты и цели макрорегулирования экономики. Особое значение эта проблема имеет для конверсионных предприятий, вынужденных пересматривать сложившиеся подходы к формированию производственных программ и формы организации деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Пугачев В.Ф., Пителин А.К. Модельные исследования механизма стабильного экономического роста // Экономика и математические методы. 2002. № 4.
- 2 Ковалишин Е.А., Поманский А.Б. Влияние неопределенности на структуру государственного долга // Экономика и математические методы. 2002. № 4.
- 3 Бугаян И.Р., Сумбатян М.А. Модель влияния научно-технического прогресса на темпы накопления и экономического роста // Экономика и математические методы. 2002. № 4.
- 4 Дедов Л.А. Макроструктурная динамика промышленного комплекса России // Экономика и математические методы. 2002. № 3.
- 5 Николаев М.А., Махотаева М.Ю. Анализ воспроизводственных процессов в обрабатывающей промышленности // Экономика и математические методы. 2002. № 3.
- 6 Дубовский С.В. Обменный курс рубля как результат денежной эмиссии, внешней торговли и блуждающих финансовых потоков // Экономика и математические методы. 2002. № 2.
- 7 Накоряков В.Е., Гасенко В.Г. Математическая модель плановой макроэкономики // Экономика и математические методы. 2002. № 2.
- 8 Берколайко М.З., Суворов А.В. Иммунизация детерминированных денежных потоков в условиях несовершенного рынка // Экономика и математические методы. 2002. № 1.
- 9 Макаров А.А., Шапот Д.В., Лукацкий А.М., Малахов В.А. Инструментальные средства для количественного исследования взаимосвязей энергетики и экономики // Экономика и математические методы. 2002. № 1.
- 10 Сотсков А.И. Об оптимальном соотношении между налогами, денежной эмиссией и займами в модели Сидравского с внешними заимствованиями // Экономика и математические методы. 2002. № 1.
- 11 Перламутров В.Л., Тропаревская Л.Е. Финансовые потоки и реальный сектор хозяйства России // Экономика и математические методы. 2001. № 4.
- 12 Голиченко О.Г. Проблема регулирования экономического роста в макроэкономических моделях // Экономика и математические методы. 2001. № 4.
- 13 Афанасьев А.А. Модель естественного темпа инфляции, инициируемой предприятиями с мягкими бюджетными ограничениями // Экономика и математические методы. 2001. № 4.
- 14 Тябин В.Н. Комплекс макроэкономических моделей инфляции // Экономика и математические методы. 2001. № 3.
- 15 Выгон Г.В. Оценка фундаментальной стоимости нефтяных месторождений: метод реальных опционов // Экономика и математические методы. 2001. № 2.
- 16 Михеева Н.Н. Проблемы использования региональных счетов в макроэкономическом анализе // Экономика и математические методы. 2000. № 4.

- 17 Варшавский А.Е. Моделирование неплатежей и денежного спроса в бартерной экономике России // Экономика и математические методы. 2000. № 2.
- 18 Афанасьев А.А. Равновесная модель денежно-бартерной экономики // Экономика и математические методы. 2000. № 2.
- 19 Гуриев С.М., Поспелов И.Г., Шапошник Д.В. Модель общего равновесия при наличии транзакционных издержек и денежных суррогатов // Экономика и математические методы. 2000. № 2.
- 20 Фальцман В.К. О методах измерения экономического роста // Экономика и математические методы. 1999. № 3.
- 21 Первозванский А.А. О соотношении между темпом инфляции и обменным курсом // Экономика и математические методы. 1998. № 4.
- 22 Пугачев В.Ф., Пителин А.К. Экономическая политика при избытке трудовых ресурсов // Экономика и математические методы. 1998. № 2.
- 23 Медницкий В.Г., Медницкий Ю.В., Колбанов В.М., Королев В.Г. Формы динамического равновесия замкнутой экономики // Экономика и математические методы. 1998. № 2.
- 24 Голиченко О.Г. Микро- и макроэкономическое моделирование воздействий эндогенного научно-технического прогресса на экономический рост // Экономика и математические методы. 1998. № 2.
- 25 Мовшович С.М. Моделирование влияния налогов на долговременный экономический рост // Экономика и математические методы. 1998. № 1.
- 26 Вороновицкий М.М. Равновесные траектории двухсекторной макроэкономической модели, учитывающей производственный цикл // Экономика и математические методы. 1997. № 4.
- 27 Токарев В.В. Макроэкономическое согласование налогов, заработной платы и пенсий // Экономика и математические методы. 1997. № 2.
- 28 Вороновицкий М.М. Равновесные траектории макроэкономической модели, учитывающей производственный цикл и дефицит государственного бюджета // Экономика и математические методы. 1997. № 2.
- 29 Голиченко О.Г. О моделировании воздействия роста денежной массы на инфляцию и динамику уровня производства // Экономика и математические методы. 1996. № 3.
- 30 Коковин С.Г. Модель смешанной экономики: «мягкое» рациональное и pq -равновесие // Экономика и математические методы. 1996. № 2.
- 31 Бирюков С.И., Осадчий Н.А., Савчук Н.Ф. Комплексная двухукладная модель национальной экономики // <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2000/040.pdf>.
- 32 Колемаев В.А. Математические модели макроэкономики. М.: ГАУ им. С. Орджоникидзе, 1994.
- 33 Столерю Л. Равновесие и экономический рост. М.: Статистика, 1974.
- 34 Маевский В.И. Введение в эволюционную макроэкономику. М.: Япония сегодня, 1997.
- 35 Багриновский К.А., Сумин Г.А. Математические методы в экономике и планировании народного хозяйства. М.: РУДН, 1994.
- 36 Мезоэкономика переходного периода / Под ред. Г.Б. Клейнера. М.: Наука, 2001.
- 37 Яковец Ю.В. К новой структуре экономики России. М.: ИЭ РАН, 1993.
- 38 Линдерт П.К. Экономика мирохозяйственных связей. М.: Прогресс, 1992.

1.8 Математическое моделирование экономической конъюнктуры, деловой активности, определение трендов, циклов и тенденций развития

Прогнозирование конъюнктуры фондового рынка. В последней четверти XX в. произошли радикальные перемены, которые дали толчок развитию новых подходов к управлению процентным риском портфеля государственных облигаций. Во-первых, во многих странах мира были организованы рынки производных финансовых инструментов, в том числе и процентных фьючерсов. Появление срочных контрактов открыло перед инвесторами новые возможности по регулированию процентного риска портфелей государственных облигаций, а также поставило перед финансовой наукой проблему разработки оптимальных моделей хеджирования. Во-вторых, в математический аппарат исследователей финансовых рынков вошли новые средства моделирования: модели авторегрессионной и обобщенной

авторегрессионной условной гетероскедастичности, нечеткие множества, многослойные самообучающиеся нейронные сети. Использование новых математических методов позволило уточнить и улучшить решения старых научных проблем, а также открыть принципиально новые направления исследования.

Другая важная проблема, стоящая перед теорией управления процентным риском на современном этапе, заключается в разработке модели оптимизации рискованного портфеля государственных облигаций. Классическая теория формирования рискованного портфеля, разработанная Г. Марковицем для случая рынка акций, оказалась неприменимой на рынке облигаций в силу его специфических особенностей.

Как отмечают Г. Бьервэг, Г. Кауфман и А. Тоевс, а также Н. Галтекин и Р. Рогальски, параметры совместного распределения доходностей облигаций претерпевают существенные изменения по мере сокращения срока до погашения. Поскольку течение времени оказывает различное влияние на доходности различных облигаций, ковариации между ними нестабильны, и их практически невозможно оценить по данным исторических наблюдений. Поэтому стандартный метод оптимизации рискованного портфеля, основанный на использовании вектора математических ожиданий и дисперсионно-ковариационной матрицы доходностей активов, на рынке облигаций использоваться быть не может.

Принципиально иной подход к решению проблемы предлагает С. Рамасвами, рассматривающий формирование структуры портфеля облигаций как задачу многоцелевой оптимизации значений функций полезности, определенных для каждого из рассматриваемых сценариев перемещения временной структуры процентных ставок и заданных в форме нечетких множеств. Этот подход подразумевает, что в ходе управления процентным риском инвестор определяет контрольные цифры, которым должна соответствовать доходность портфеля при реализации различных сценариев будущих изменений рыночной конъюнктуры. Для сценариев сдвига процентных ставок, в реализации которых инвестор испытывает наибольшую степень уверенности, устанавливаются наиболее высокие тактические цели. Маловероятным сценариям сдвига процентных ставок ставятся в соответствие относительно низкие целевые уровни доходности вложений. Корректировка тактических целей, соответствующих различным возможным состояниям рыночной конъюнктуры, позволяет регулировать структуру портфеля в зависимости от изменений прогнозов инвестора и его отношения к процентному риску.

Как считает С. Рамасвами, предположения инвесторов подвержены частым и существенным изменениям. Вместе с ними меняются и функции полезности, отражающие степень удовлетворенности доходностью сформированного портфеля при реализации каждого из сценариев перемещения временной структуры процентных ставок. Уровень полезности, обеспечиваемый портфелем, зависит от степени достижения тактических целей, поставленных при его формировании. Инвестор заинтересован в достижении «высокого» уровня доходности при реализации прогнозируемых сценариев изменения рыночной конъюнктуры и «приемлемого» уровня доходности при прямо противоположном развитии событий. Сложности при определении «высокого» и «приемлемого» уровня доходности вызывают необходимость обращения к аппарату теории нечетких множеств (fuzzy sets).

Пусть инвестор осуществляет выбор из множества допустимых портфелей P на основе анализа S возможных сценариев перемещения временной структуры процентных ставок. Для каждого сценария с порядковым номером s степень достижения тактической цели в случае выбора каждого варианта формирования портфеля $p \in P$ задается при помощи нечеткого множества

$$G_s = \{(p, \mu_{G_s}(p))\},$$

где $\mu_{G_s}(p)$ – функция принадлежности портфеля p к нечеткому множеству портфелей, обеспечивающих достижение данной тактической цели, $\mu_{G_s}(p) \in [0; 1]$. Тогда степень достижения всех тактических целей инвестора выражается нечетким множеством

$$D = G_1 \cap G_2 \cap \dots \cap G_S$$

с функцией принадлежности

$$\mu_D(p) = \min_s \mu_{G_s}(p).$$

Отсюда оптимальный вариант формирования портфеля p_{opt} , позволяющий обеспечить максимальную степень достижения тактических целей инвестора, определяется условием

$$\mu_D(p_{opt}) = \max_p \mu_D(p).$$

Динамика процентных ставок определяется взаимодействием целого ряда факторов: денежно-кредитной и налогово-бюджетной политики государства, состояния ликвидности банковской системы, тенденций развития инфляционных процессов, спроса на кредитные ресурсы со стороны реального сектора экономики, конъюнктуры смежных секторов финансового рынка и степени их интегрированности с сектором долговых финансовых инструментов, а также зависит от потока информационных сообщений, отражающих перспективы изменения состояния этих факторов, которые поступают рыночным агентам и определяют характер их последующих действий. Одни из факторов определяют долгосрочные тенденции изменения уровня процентных ставок, другие вызывают краткосрочные колебания, затухающие через несколько дней после первичной реакции рынка.

Исследуя реакцию процентных ставок на изменения значений макроэкономических и финансовых показателей, отражающие перемены в состоянии экономики страны и конъюнктуре финансового рынка, можно построить модель прогнозирования, способную предсказывать направление движения процентных ставок более, чем в 50 % случаев. Конечно, намерение добиться чрезвычайно высокой точности прогнозов является утопией. Набор доступных индикаторов, сколь бы широким он ни был, не может дать полностью адекватную картину комплекса сил, определяющих траекторию движения процентных ставок. Кроме того, эффективные рынки оперативно реагируют на вновь поступающую информацию, поэтому лаговые значения доступных индикаторов могут объяснить лишь часть вариации будущих изменений прогнозируемого показателя. В этой связи любая, даже самая эффективная модель прогнозирования обречена на ошибки; она не может гарантировать тесной корреляции между предсказанными и фактическими значениями объясняемой случайной переменной.

Выбор нейронных сетей в качестве инструментального средства решения задачи прогнозирования динамики процентных ставок обусловлен их уникальной способностью к аппроксимации нелинейных зависимостей. Согласно следствию из теоремы Колмогорова–Арнольда, доказанному Хехт-Нильсенем, произвольная непрерывная функция нескольких переменных может быть аппроксимирована нейронной сетью с любой наперед заданной степенью точности. Важным аргументом, послужившим основанием выбора нейронных сетей в качестве инструмента моделирования, стали успехи целого ряда исследователей в решении различных проблем анализа финансовых рынков на основе разработки нейросетевых приложений.

Обработка информации в нейронной сети осуществляется при помощи особых структурных элементов — искусственных нейронов. В нейрон поступает набор входных сигналов X_i . Каждый входной сигнал корректируется на соответствующий ему вес W_i . Потенциал нейрона рассчитывается по формуле

$$V = W_0 + \sum X_i \times W_i.$$

Выходной сигнал нейрона формируется в результате преобразования потенциала нелинейной передаточной функцией $f(V)$. Обычно для этого используется сигмоидальная функция вида

$$f(V) = \frac{1}{1 + e^{-V}}.$$

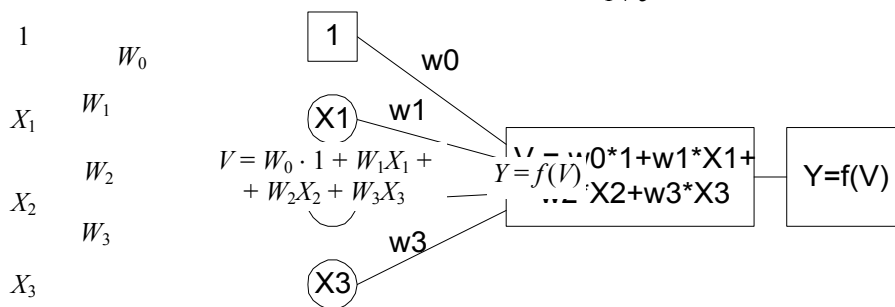


Рис. 1 Математическая модель нейрона

Объединяя искусственные нейроны в сети, можно получить различные варианты архитектуры. Но в приложениях чаще всего используются многослойные перцептроны (multilayer perceptrons). Это нейронные сети, позволяющие моделировать зависимости между векторами входных и выходных переменных. В многослойных перцептронах нейроны объединяются в слои, каждый из которых обрабатывает одинаковые входные сигналы.

Входной слой формируют независимые переменные, выходной – зависимые. Между ними располагаются скрытые слои. Выходы нейронов предыдущего слоя направляются на вход нейронов последующего слоя. База знаний нейронной сети представляет собой матрицу весов связей между нейронами.

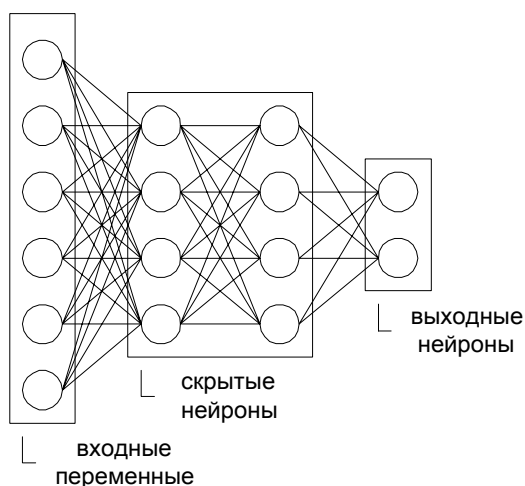


Рис. 2 Архитектура многослойного перцептрона

Процесс настройки весов многослойного перцептрона называется обучением. Для этого используется обучающая выборка – множество векторов значений объясняющих и объясняемых переменных. Цель обучения заключается в минимизации ошибки оценки объясняемых переменных на основе информации о значениях объясняющих переменных.

Итеративный алгоритм обучения многослойных перцептронов, ставший впоследствии классическим и получивший название алгоритма обратного распространения ошибки (error backpropagation), впервые был разработан Полом Вербосом в 1974 г. в рамках работы над магистерской диссертацией в Гарвардском университете. Однако работа Вербоса не была должным образом оценена и долгое время оставалась неизвестной крупнейшим ученым. В 1986 г. алгоритм обратного распространения был заново открыт и популяризирован Д. Румельхартом, Г. Хинтоном и Р. Вильямсом. С начала 1990-х гг. алгоритм обратного распространения стал активно применяться в прикладных разработках.

Алгоритм обратного распространения осуществляет минимизацию функции ошибки, определенной на множестве возможных значений весов сети. Функция ошибки обычно задается как

$$E = \frac{1}{2} \sum_i (Y_i - D_i)^2,$$

где $1/2$ – константа, введенная для удобства при вычислении производных; i – порядковый номер выходного нейрона; Y – размер сигнала выходного нейрона; D – обучающее значение объясняемой переменной.

На каждой итерации работы алгоритма осуществляется переход к новой точке пространства весов сети. Для этого используется метод градиентного спуска, позволяющий выбрать направление, в котором скорость уменьшения значения функции ошибки является максимальной. Коррекция весов производится по правилу

$$W(t+1) = W(t) - \lambda \frac{\partial E}{\partial W},$$

где E – функция ошибки; W – вес; λ – коэффициент обучения (размер шага корректировки); t – порядковый номер итерации.

Вычисление производных функции ошибки по весам сети осуществляется по формуле

$$\frac{\partial E}{\partial W_{ji}} = \frac{\partial E}{\partial V_i} \frac{\partial V_i}{\partial W_{ji}} = \frac{\partial E}{\partial V_i} f'(V_j),$$

где j – номер нейрона предыдущего слоя; i – номер нейрона последующего слоя; W – вес; V – потенциал; f – передаточная функция.

Производные ошибки по потенциалам вычисляются по правилу цепи, которое и обеспечивает процесс обратного распространения ошибки из нейронов выходного слоя в нейроны предыдущих слоев.

Для выходных нейронов

$$\frac{\partial E}{\partial V_i} = \frac{\partial E}{\partial Y_i} \frac{\partial Y_i}{\partial V_i} = (Y_i - D_i) f'(V_i).$$

Для скрытых нейронов

$$\frac{\partial E}{\partial V_i} = \sum_h \frac{\partial E}{\partial V_h} \frac{\partial V_h}{\partial V_i} = \sum_h \frac{\partial E}{\partial V_h} f'(V_h) W_{ih},$$

где h – номер нейрона последующего слоя; i – номер нейрона обрабатываемого слоя.

В целях ускорения процесса обучения часто используется модификация алгоритма обратного распространения, которая обеспечивает большую стабильность процесса корректировки за счет применения оператора экспоненциального сглаживания. В этом случае уравнение обучения принимает вид

$$\Delta W(t+1) = \mu \Delta W(t) - (1-\mu) \lambda \frac{\partial E}{\partial W},$$

где μ – момент; λ – коэффициент обучения.

В ходе обучения сети многократно предъявляется один и тот же набор обучающих примеров. Чем дольше продолжается процесс обучения, тем лучше качество аппроксимации, демонстрируемое сетью при оценке значений выходных переменных по обучающей выборке. Однако через определенное число эпох обучения (под эпохой понимается однократное предъявление сети используемого набора обучающих примеров) улучшение качества аппроксимации начинает обеспечиваться не в результате правильной идентификации нелинейной зависимости между объясняющими и объясняемыми переменными, а за счет точности настройки на специфические особенности обучающих примеров. Этот феномен, получивший название переобучения (overtraining), находит отражение в падении способности сети к обобщению, т.е. к адекватной оценке значений выходных переменных по наблюдениям, не предъявленным в ходе обучения.

Для того, чтобы разрешить проблему переобучения, массив исходных данных разбивается на обучающую и тестовую выборки. Обучающая выборка используется в процессе работы алгоритма коррекции матрицы весов сети. Тестовая выборка используется для контроля состояния обученности сети. Процесс обучения прекращается, когда значение ошибки оценки значений выходных переменных по тестовой выборке достигает минимума.

В первой половине 1990-х гг. целый ряд исследователей обратился к методологии нейронных сетей как к инструментальному средству анализа финансовых рынков. Однако основные усилия обошли стороной сферу изучения процессов функционирования рынков облигаций. Большинство работ, опубликованных в этот период, посвящены прогнозированию динамики рынков акций и иностранных валют, определению рейтингов кредитоспособности заемщиков, оценке опционов.

Первая попытка разработки нейросетевой модели прогнозирования конъюнктуры рынка облигаций была предпринята В. Ченгом, Л. Вагнером и Ч. Лином. Их усилия были направлены на построение модели, прогнозирующей направление изменения цены тридцатилетней облигации Казначейства США через одну неделю. Используя в качестве объясняющих переменных спот-ставки для различных сроков вложений, индексы рынка акций, денежный агрегат $M2$, курсы доллара к японской иене и немецкой марке, а также цены на нефть и золото, они сконструировали нейронную сеть, оказавшуюся способной правильно определять направление изменения цены в 67 % случаев.

Результаты, полученные Ченгом, Вагнером и Лином, показали, что задача краткосрочного прогнозирования конъюнктуры стабильного высоколиквидного рынка государственных облигаций с использованием нейросетевых моделей вполне разрешима.

Прогнозирование финансового состояния предприятия. Одной из наиболее необходимых задач при проведении финансового анализа деятельности предприятия является получение прогнозных значений некоторых наиболее значимых финансовых коэффициентов.

Как и планирование, прогнозирование – это род предвидения, поскольку имеет дело с получением информации о будущем. В широком плане как научное прогнозирование, так и предчувствие и предугадывание входят в понятие «прогнозирование деятельности фирмы». Прогнозирование – это предсказание будущего состояния внутренней и внешней среды фирмы, основанное на научных методах и интуиции. Первоначально прогнозирование в рамках фирмы возникло как предсказание экономических параметров длительности бизнеса (как внешних по отношению к фирме, так и внутренних).

Позднее фирмы освоили прогнозирование технологического (технологическое прогнозирование), а также социального и политического компонентов (социально-политическое прогнозирование) своей среды.

Общие методы прогнозирования можно разделить на четыре крупные группы:

- методы экспертных оценок;
- методы экстраполяции трендов;
- методы регрессионного анализа;
- методы экономико-математического моделирования.

Регрессионный анализ исследует зависимость определенной величины от другой величины или нескольких других величин. Он применяется преимущественно в среднесрочном прогнозировании, а также в долгосрочном прогнозировании. Средне- и долгосрочный периоды дают возможность установления изменений в среде бизнеса и учета влияний этих изменений на исследуемый показатель.

Для осуществления регрессионного анализа необходимо:

- наличие ежегодных (ежеквартальных) данных по исследуемым показателям;
- наличие одноразовых прогнозов, т.е. таких прогнозов, которые не поправляются с поступлением новых данных.

Регрессионный анализ обычно проводится для объектов, имеющих сложную, многофакторную природу, таких, как:

- объем инвестиций;
- прибыль;
- объемы продаж и др.

Как пример, можно рассмотреть реализацию прогноза финансового состояния предприятия методами регрессионного анализа с использованием прикладной компьютерной программы «STATISTICA».

Основой для проведения прогноза являются данные, полученные при проведении комплексного финансового анализа предприятия. В результате анализа получится таблица с некоторыми финансовыми коэффициентами за анализируемые периоды. Прогнозировать все коэффициенты не имеет смысла, так как в результате мы получили бы большой объем трудно обрабатываемой информации, но узнать значения наиболее важных из них необходимо – это могло бы облегчить принятие правильных решений в управлении предприятием и к следующему отчетному периоду достичь наиболее высоких результатов в финансово-хозяйственной деятельности.

Наиболее значимыми коэффициентами в финансовом анализе являются коэффициенты ликвидности, автономности, маневренности собственного капитала, рентабельности продаж. Для того, чтобы реализовать прогноз, необходимо определить какую-либо математическую модель, которая бы достаточно точно описывала данные, полученные при проведении финансового анализа.

Построение модели является важным шагом в прогнозировании, так как хотелось бы построить простую и понятную модель, но, тем не менее, учитывающую все вероятные изменения. Громоздкая модель с большим числом параметров обычно рассматривается как неудовлетворительная, она трудна в использовании. Такую модель, конечно можно применять, но только если нельзя построить лучшую. В рассматриваемой модели прогнозирования предполагается, что все данные каким-либо образом влияют друг на друга. Поэтому прежде чем строить модель, хотелось бы знать, какие коэффициенты оказывают друг на друга наибольшее влияние. Эта проблема решается путем применения факторного анализа.

Методы факторного анализа используются для обнаружения факторов, влияющих на измеряемые переменные, так как достаточно часто нам неизвестны ни число факторов, ни их содержательный

смысл. Для измерений могут быть доступны иные величины, тем или иным способом зависящие от этих факторов. При этом, когда влияние неизвестного фактора проявляется в нескольких измеряемых признаках, эти признаки могут обнаруживать тесную связь между собой, поэтому общее число факторов может быть гораздо меньше, чем число измеряемых переменных.

Первым этапом факторного анализа является отбор исходных факторов, отбрасывая второстепенные, не влияющие на общую ситуацию. Следующим этапом факторного анализа служит преобразование (вращение) факторов таким образом, чтобы облегчить их интерпретацию, так как обычно факторы, полученные на первом этапе анализа, не поддаются достаточно наглядной интерпретации.

Для быстрого и точного проведения факторного анализа воспользуемся программным статистическим пакетом «STATISTICA», в одном из модулей которого реализован факторный анализ.

В результате проведения факторного анализа получают группы, в которых находятся только те коэффициенты финансового анализа, которые влияют друг на друга. Чтобы построить модель, которая точно описывала исходные данные необходимо строить эту модель в той группе коэффициентов, в которую входит прогнозируемый коэффициент.

Предполагается, что любой коэффициент в группе, выделенной факторным анализом, в момент времени $(t + 1)$ функционально зависит от всех коэффициентов в момент времени (t) , включая его самого, т.е.:

$$x_k(t + 1) = F [x_1(t), x_2(t), \dots, x_k(t), \dots, x_N(t)],$$

где N – количество коэффициентов в группе, выделенных факторным анализом.

Допустим, что функциональная зависимость между коэффициентами – линейная (линейная регрессия), тогда вышеуказанная формула примет следующий вид:

$$x_k(t + 1) = a_1^* x_1(t) + a_2^* x_2(t) + \dots + a_k^* x_k(t) + \dots + a_N^* x_N(t) + w,$$

где N – количество коэффициентов в группе, выделенных факторным анализом; $a_1 \dots a_N$ – некоторые параметры; w – остаток.

Таким образом, имея данные об изменении коэффициентов $X = [x_1, \dots, x_N]$ за некоторый период $T = [t_1, \dots, t_M]$ и оценив параметры $A = [a_1, \dots, a_N]$, можно узнать значение коэффициента x_k в момент времени $(M + 1)$. Это и будет прогнозом коэффициента x_k . Такой прогноз можно сделать для каждого коэффициента, входящего в группу. Неизвестными факторами в данной математической модели являются параметры A . Соответственно, следующей задачей будет оценка этих параметров.

Существует несколько основных подходов к задаче оценивания параметров, а именно метод максимального правдоподобия, метод наименьших квадратов, Байесов подход и метод ограниченной информации. Кроме того, существует возможность выбора различных моделей зависимостей. Здесь можно искать зависимость в определенном классе функций либо задать собственную функцию и оценить, насколько данные согласуются с ней.

Кроме прогноза коэффициентов финансового анализа, данную математическую модель можно использовать для того, чтобы узнать, как поведет себя предприятие, если провести ту или иную экономическую операцию, влияющую на изменение финансовых показателей. Это является очень важным и практически неиспользуемым в настоящее время руководителями и финансовыми работниками моментом в принятии решений и управлении предприятием, так как это дает возможность, не затрачивая больших средств и не дожидаясь полученных результатов (а они могут быть и неудовлетворительными), смоделировать поведение предприятия при изменении каких-либо финансовых показателей, т.е., экономя время и деньги, руководитель сможет оперативно и грамотно управлять организацией.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Егорова Н.Е., Мудунов А.С. Система моделей прогнозирования спроса на продукцию сферы услуг // Экономика и математические методы. 2002. № 2.
- 2 Максимов В.А., Некрасова И.В. Прогнозирование доходности инвестиций на фондовом рынке // Экономика и математические методы. 2001. № 1.

- 3 Глазьев С.Ю. Проблемы прогнозирования макроэкономической динамики // Экономика и математические методы. 1999. № 3.
- 4 Ковалишин Е.А., Поманский А.Б. Реальные опционы: оптимальный момент инвестирования // Экономика и математические методы. 1999. № 2.
- 5 Буклемишев О.В., Малютина М.С. Анализ информационной эффективности российского фондового рынка // Экономика и математические методы. 1998. № 3.
- 6 Вагина М.Д., Тимофеев А.В. Прогнозирование стоимости инвестиционных ресурсов в условиях инфляции // Экономика и математические методы. 1998. № 1.
- 7 Первозванский А.А., Баринов В.Ю. Прогнозирование и оптимизация на рынке краткосрочных облигаций // Экономика и математические методы. 1997. № 4.
- 8 Ротарь В.И., Шоргин С.Я. О перестраховании рисков и величине собственного удержания страховой компании // Экономика и математические методы. 1996. № 4.
- 9 Курочкин С.В. Определение непрерывной ставки кредита по временному ряду срочных ставок // Экономика и математические методы. 1996. № 4.
- 10 Албегов М.М., Бурса Б.И., Симонов А.Г. Об одном подходе к прогнозированию краткосрочного развития страны и регионов в новых условиях // Экономика и математические методы. 1996. № 3.
- 11 Яковлев В.Л., Яковлева Г.Л., Лисицкий Л.А. Модели детерминированного хаоса в задаче прогнозирования тенденций финансовых рынков и их нейросетевая реализация // Информационные технологии. 2000. № 2.
- 12 Пчелинцев А.В., Зюдина И.А., Рагочев С.А. Моделирование инвестиционного портфеля с использованием нейросетевых технологий // Вестник МГУ. 1999. № 4.
- 13 Петров А.М. Прогнозирование финансового состояния предприятия // www.5ballov.ru/publication/works/01-36.html.
- 14 Бабинов В.Г. Экспертные оценки на рынке ценных бумаг // <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2000/012.pdf>.
- 15 Бабинов В.Г. Среднесрочное прогнозирование процентной ставки // <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2000/013.pdf>.
- 16 Савченко В.В., Шкулев А.А., Баринов А.В. Исследование динамических характеристик адаптивной оценки прогнозирования // http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2000/1_05.pdf.
- 17 Меньшиков С.М., Клименко Л.А. Длинные волны в экономике. Когда общество меняет кожу. М.: Международные отношения, 1989.
- 18 Елисеева И.И., Юзбашев М.М. Общая теория статистики. М.: Финансы и статистика, 1998 г.
- 19 Липцер Р.Ш., Ширяев А.Н. Статистика случайных процессов. М.: Наука, 1974.
- 20 Кашьяп Р.Л., Рао А.Р. Построение динамических стохастических моделей по экспериментальным данным. М.: Наука, 1983.
- 21 Морозова Т.Г., Пикулькин А.В., Тихонов В.Ф. и др. Прогнозирование и планирование в условиях рынка. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 1999.

1.9 Разработка и развитие математических методов и моделей анализа и прогнозирования развития социально-экономических процессов общественной жизни: демографических процессов, рынка труда и занятости населения, качества жизни населения и др.

Социально-экономический мониторинг. Под социально-экономическим мониторингом как частью системы управления экономикой понимается специально организованное целевое непрерывное (систематическое) наблюдение и краткосрочное прогнозирование хода важнейших социально-экономических процессов с целью их анализа, идентификации и выявления круга регулируемых факторов в процессах подготовки и принятия решений.

Экономико-математическое обеспечение социально-экономического мониторинга требует разработки и адаптации особого инструментария моделирования, отвечающего его задачам, как обобщающего метода социально-экономических измерений, анализа и регулирования. В частности, должна быть разработана методология построения экономико-статистических моделей с переменным (экзо- и эндогенно формируемым) составом факторов; определены методы совместного учета

количественных и качественных данных. Реализовать экономико-математическое обеспечение мониторинга можно в виде экспертных систем и АРМ для различных уровней управления.

Создание экспертных систем как аппарата искусственного интеллекта базируется на широком использовании данных, полученных от экспертов. В силу этого обстоятельства математически грамотная обработка экспертных оценок является той основой, которая обеспечивает возможность эффективного функционирования построенной системы.

Китаев Н.Н., плодотворно сотрудничавший в исследованиях комиссии «Экспертные оценки» Научного совета АН СССР по комплексной проблеме «Кибернетика» в 70 – 90-х гг. XX в., в своей работе «Групповые экспертные оценки», описывая процесс по проведению эксперимента методом экспертных оценок, предлагает определять компетентность экспертов, ссылаясь на работу А.Н. Колмогорова и В.М. Тихомирова: E -энтропия и E -емкость множеств в функциональных пространствах.

Алгоритм определения компетентности экспертов геометрическим методом вычисления E -емкостей. Пусть m экспертов ранжировали n факторов по наличию у них некоторого свойства, присвоив им номера от 1 до n включительно. Одновременно из этого набора факторов выберем k факторов, наиболее близких друг другу. Это могут быть, например, такие факторы, которые можно было обозначить в качестве одного пункта в проведенном опросе. Естественно считать, что $k \ll n$. Проведем с помощью тех же экспертов ранжирование этих k факторов соответственно по шкале от 1 до k включительно. Обозначим через x_{ij} оценку i -м экспертом j -го фактора по n -балльной шкале, $i \in \{1, m\}$, $j \in \{1, n\}$, y_{ij} – оценка i -м экспертом j -го фактора по k -балльной шкале, $i \in \{1, m\}$, $j \in \{1, k\}$. Для $\forall j$ найдем медиану M_j , $j \in \{1, n\}$. Построим множество из $2n$ точек таких, что только одна координата точки не равна нулю.

$$x_{2j-1}^{(j)} = \min_{1 \leq i \leq m} (x_{ij} - M_j), \quad x_{2j}^{(j)} = \min_{1 \leq i \leq m} (x_{ij} - M_j).$$

Построим минимальную выпуклую оболочку этих точек B . E -емкость выпуклой оболочки B будем считать мерой несогласованности мнений экспертов. Если все оценки экспертов совпадут, то $\bar{M}_E(B) = 1$.

Необходимо еще определить ε . ε – это то количество пунктов, отклонение на которые эксперты считают несущественным.

Обозначим через n_j первоначальный номер в исходном списке факторов j -го фактора из краткого повторного опроса.

Тогда

$$\varepsilon \geq \max \left(\max_{\substack{1 \leq i \leq m \\ 1 \leq j_1 \leq j_2 \leq k}} \left((x_{in_{j_2}} - x_{in_{j_1}}) \text{sign}(y_{ij_1} - y_{ij_2}) \right), 1 \right).$$

Взяв минимальное возможное ε из удовлетворяющих вышеприведенному условию, вычисляем $\bar{M}_E(B)$. Если $\bar{M}_E(B) > 1$, то среди экспертов существуют недостаточно информированные по данному вопросу эксперты с точки зрения остальных экспертов. Удалив тех экспертов, чьи оценки приводят к увеличению E -емкости, причем при необходимости проделав эту процедуру несколько раз, получаем согласованную группу экспертов, признающих высокую квалификацию друг друга, а также доверительный интервал оценок E .

Мониторинг – специально организованное систематическое наблюдение за состоянием каких-либо объектов. Под социально-экономическим мониторингом как частью системы управления экономикой понимается специально организованное целевое непрерывное (систематическое) наблюдение и краткосрочное прогнозирование хода важнейших социально-экономических процессов с целью их анализа, идентификации и выявления круга регулируемых факторов в процессах подготовки и принятия решений.

Возможные варианты концепции социально-экономического мониторинга:

1) целевой, согласно которому мониторинг рассматривается как проблемно-ориентированная система, перекрывающая определенную сферу информационных потребностей экономиста-исследователя или практика;

2) инструментальный, где мониторинг выделяется среди других систем обработки информации по типу используемых средств и методов (широкое применение выборочных методов сбора данных, компьютерная технология работы с информацией и т.п.);

3) интеграционный, в котором мониторинг трактуется как результат перегруппировки традиционных информационно-управленческих функций, объединяющий элементы социально-экономической статистики, экономического анализа и прогнозирования.

От стандартной статистической технологии мониторинг отличается:

1) целевым характером наблюдения с ориентацией на выявление тенденциальных и локальных изменений, возможностей возникновения неблагоприятных и рискованных ситуаций;

2) интегрированным учетом социальной, экономической и индивидуально-психологической информации;

3) включением в сферу наблюдения, накопления и анализа не только количественных, но и качественных, нечисловых данных, а также «статистики связей», «статистики факторов» и других видов результатов обработки данных;

4) широким использованием компьютерных методов представления, обработки и визуализации информации.

Моделирование рынков труда. Рынки труда в переходных экономиках обнаружили ряд неожиданных явлений, которые тотчас привлекли внимание многих исследователей. Статистические данные и обследования показали, что решения фирм об увольнении и привлечении работников демонстрируют слабую реакцию или даже нечувствительность к изменению цен и спроса. В этом отношении, как и во многих других, российские фирмы ведут себя удивительным образом. В течение 1992 – 1996 гг. ВВП России сократился на 38 %, в то время как безработица в 1996 г. составляла 9,3 %, а число официально зарегистрированных безработных равнялось 3,4 % от общей массы рабочей силы. Занятость в индустрии сократилась на 26 %, что больше, чем в экономике в целом, но само промышленное производство уменьшилось при этом почти в два раза. Даже если принять в расчет принудительные отпуска, цифры падения выпуска и падения занятости все равно будут несравнимы (это увеличило бы процент безработицы на 1,5 %). Соотношение уровней спада и занятости мало изменилось к началу 2000 г., хотя соотношение их приростов стало совсем другим: с 1996 г. ВВП упал на 1 %, а уровень безработицы вырос на 2,4 %. Обследования подтверждают, что в России сравнительно высокая занятость сосуществует с недоиспользованием рабочей силы и избытком производственных мощностей на предприятиях.

Конечно, некоторые фирмы увольняли рабочих, но одновременно с этим удивительно много фирм нанимали работников, несмотря на ухудшение экономических условий. Значительные межфирменные потоки трудовых ресурсов наблюдались даже в пределах одной отрасли.

В отличие от уровней занятости ставки заработной платы были весьма подвижны. В России эти ставки гораздо сильнее реагируют на изменение конъюнктуры, чем в развитых странах. В течение 1992 – 1996 гг. средняя ставка реальной заработной платы снизилась на 52 % в экономике России в целом и на 50 % в промышленном производстве, что соответствует падению выпуска его продукции.

Еще один важный факт заключается в высокой степени согласия между работниками и управляющими. Во время переходного периода конфликты между этими двумя группами были редкими. Лишь 8300 предприятий и организаций из 2,2 млн. были вовлечены в забастовки в России в 1996 г., 7400 из них были образовательными учреждениями. Имело место около 450 забастовок в угольной промышленности и лишь 82 во всех других отраслях промышленности. Большинство забастовок было направлено против федерального правительства, а не против управляющих (данные для 1999 г. аналогичны). Не только принудительное увольнение рабочих, но и смещение менеджеров были не типичны. Очень значительная часть управляющих сохранили свои позиции с советского периода до настоящего времени.

Итак, для российского рынка труда характерны низкая чувствительность уровня занятости к изменению цен и спроса, относительно высокая изменчивость заработной платы, наличие заметного межфирменного потока трудовых ресурсов даже при общем ухудшении условий, «солидарность» рабочих и менеджеров.

Предположение о коллективной природе российских предприятий и понятие стационарных уровней занятости могут быть положены в основу объяснения парадоксов, наблюдаемых на российском рынке труда. При этом не обязательно, чтобы влияние рабочих было доминирующим.

Для фирмы, принадлежащей своим работникам, существует отрезок стационарных уровней занятости. Этот результат объясняет низкую чувствительность фирм к изменению условий при выборе уровня

занятости и высокую гибкость, а также сильную межфирменную дифференциацию заработной платы. Также фирмы, находящиеся на границах отрезка, могут выбирать противоположные политики занятости. Это создает межфирменные потоки рабочей силы и уменьшает общую безработицу. Было отмечено, что фирма, управляемая «социально-ответственным» менеджером, ведет себя аналогичным образом. Таким образом, модель объясняет целый набор «стилизированных фактов», обнаруженных во многих эмпирических исследованиях.

Избыточная занятость неэффективна с производственной точки зрения. Однако при столь низком уровне социальной защиты, который был характерен для начального периода реформ в России, «нормальное рыночное поведение» менеджеров – максимизация прибыли – могло нанести огромный социальный вред. Коллективная природа российских фирм – не только результат ментальности, сложившейся в советское время, но и естественная приспособительная реакция на шоковые институциональные изменения при отсутствии инфраструктуры, обеспечивающей мобильность трудовых ресурсов и их переквалификацию, низких пенсиях и пособиях по безработице. Для повышения качества корпоративного управления в России необходимо, прежде всего, улучшение системы социальной защиты населения.

Разработанная А. Маршаллом теория спроса-предложения на сегодняшний день остается основным инструментом теоретического исследования различных экономических систем. Во многих случаях она позволяет получать приемлемые результаты, качественно согласующиеся с практикой экономической жизни. Тем не менее, одним из существенных недостатков такого подхода является невозможность строгого исследования динамики экономических процессов. Феноменологический уровень описания подобных явлений не снимает неоднозначности в интерпретации фактических данных, что весьма негативно влияет на возможность решения ряда экономических проблем. В качестве примера такого «провала» можно привести Великую депрессию в США, давшую толчок к развитию кейнсианства. Наличие значительного числа экономических школ, сторонники которых придерживаются порой крайне противоположных взглядов по тем или иным вопросам экономики, только подтверждает эту мысль.

Принципиально иным является подход, основанный на использовании идей теории самоорганизации (синергетики). Возникший как инструмент исследования в области естественных наук данный метод получил применение во многих областях, в том числе таких, как социология, политология и экономика.

Основным положением названного выше подхода можно считать достаточно общие представления о саморегуляции сложных систем, а в качестве базового математического аппарата берутся, как правило, нелинейные дифференциальные уравнения. Ниже предлагается модель самоорганизации рынка рабочей силы отдельной отрасли. В первую очередь акцент делается на изучение стабильности рассматриваемого сегмента экономики. Данный вопрос имеет принципиальное значение, поскольку открывает возможности для анализа эффективности принятия тех или иных управленческих решений и прогнозирования вероятного развития событий на рынке.

Использование синергических представлений о характере протекания процессов саморегулирования рынка труда позволяет установить особенности эволюции системы и исследовать, в рамках посткейнсианских теорий, рынок на предмет его устойчивости. Следует отметить тот факт, что равновесное состояние системы может и не соответствовать условиям оптимального функционирования. Наличие второго неустойчивого стационарного состояния может приводить к достаточно сложным переходным процессам и существенно влиять на динамику уровня занятости. Феноменологические параметры открывают возможности для исследования влияния на макроэкономические процессы ряда субъективных факторов, что в свою очередь позволяет расширить исследовательскую базу и способствует синтезу взглядов различных экономических школ и теорий.

Мобильность населения и качество жизни. Существуют два подходящих метода описания движения людей между группами. Первый метод основан на «расстоянии» между группами, второй базируется на коэффициентах притяжения (предложения) q_{ij} . Оба метода удовлетворительно описывают поведение людей, и каждый имеет свои плюсы и минусы.

Очевидно, что метод, основанный на «расстоянии», приближает матрицу интенсивностей переходов $\|r_{ij}\|$ симметрической матрицей. Расстояние между группами d_{ij} симметрично: $d_{ij} = d_{ji}$. Но матрица, состоящая из r_{ij} , может быть произвольной. Поэтому приближение ее только симметрической матрицей не всегда возможно, даже если вводятся экономически допустимые поправки.

Иногда матрица $\|r_{ij}\|$ приближается матрицей $\|q_{ij}\|$ удовлетворительно, а иногда нет. Тогда следует рассматривать коэффициенты привлекательности. Оба подхода экономически допустимы, потому что на подвижность людей действуют и «расстояние», и привлекательность.

Легко видеть, что матрица $\|q_{ij}\|$ связана с кососимметрической матрицей следующим образом: $s_{ij} = q_{ij} - 1/2$. При этом $q_{ij} - 1/2 = -q_{ji} + 1/2$, следовательно, $s_{ij} = -s_{ji}$. Известно, что любая матрица представима в

виде суммы симметрической и кососимметрической матриц. Поэтому возникает вопрос, как лучше приближать матрицу интенсивностей переходов $\|r_{ij}\|$ симметрической или кососимметрической матрицей?

Существует также подход, основанный на среднем улучшении статуса человека после перехода в другую группу. Решение этой задачи возможно в случае, если известно распределение благ в каждой группе. Такое распределение позволяет рассчитать и коэффициенты привлекательности q_{ij} , и среднее улучшение статуса при переходе из группы i в группу j . Лучшее соответствие интенсивностей переходов (либо q_{ij} , либо d_{ij}) указывает направление дальнейшего развития подхода.

Одной из характерных черт регистрируемой в России безработицы является тревожный факт роста ее продолжительности. Статистические органы и службы занятости обычно анализируют влияние различных факторов на продолжительность поиска работы путем построения группировочных таблиц, связывающих интервалы времени поиска работы с социально-демографическими группами населения. Однако оценивая продолжительность безработицы в некотором календарном периоде, мы теряем часть информации о тех безработных, которые уже искали работу в предыдущем периоде, и о тех, кто перешел в следующий период, так и не найдя работу. Эта проблема тесно связана с анализом событий, развивающихся во времени. Такого рода статистические данные называют данными с «временем жизни» или «типа времени жизни». Сегодня методы их анализа составляют важный раздел прикладной статистики, который, к сожалению, не получил пока должного развития при исследовании проблем безработицы в России.

В анализе данных типа «времени жизни» особый интерес представляют группа или группы объектов (индивидуумов), для каждого из которых определено точечное событие, называемое отказом. Отказ происходит после некоторого интервала времени – наработки до отказа – для каждого объекта только один раз. В нашем случае под наработкой до отказа будем понимать продолжительность безработицы.

Для точного определения наработки до отказа необходимо выполнить три условия: установить начало отсчета времени, выбрать масштаб для измерения отсчета времени и определить само понятие отказа.

Начало отсчета должно быть четко установлено для каждого объекта (индивидуума) в группе и может не совпадать (и, как правило, не совпадает) с календарным временем для каждого объекта (индивидуума). Так, например, для каждого безработного длительность безработицы (наработки до отказа) обычно измеряется от момента его регистрации в службе занятости.

Часто «шкалой» для измерения времени служит обычное (реальное) время. При анализе продолжительности периодов безработицы в качестве масштаба отсчета времени можно использовать дни или недели.

Отказом при расчетах продолжительности безработицы можно считать закрытие по какой-то причине карточки обратившегося в службу занятости, например при трудоустройстве безработного.

Особым затруднением при анализе данных типа времени жизни является то, что некоторые объекты могут не наблюдаться в течение полного времени до отказа. Некоторые безработные так и не найдут себе работу к концу наблюдения. Объект, включенный в обследование и не имевший отказов в течение, например, года, а затем исключенный из рассмотрения, имеет наработку до отказа, превышающую год. Такое неполное наблюдение наработки до отказа называется усеченным справа или цензурированным. Заметим, что, как и отказ, цензурирование является точечным событием, а период наблюдения цензурированных объектов должен регистрироваться.

Данные типа времени жизни хорошо аппроксимируются определенными типами вероятностных распределений, таких как экспоненциальное, гамма, Вейбулла, логарифмически-нормальное, логарифмически-логистическое и любых других, сосредоточенных на неотрицательной полуоси.

В анализе данных типа времени жизни особый интерес представляют отношения между наработкой до отказа и значениями некоторых поясняющих переменных, связанных с временем жизни. Например, безусловный интерес вызывает оценка взаимосвязи между персональными характеристиками работника и временем поиска работы для него в случае ее потери. Простейшим из таких отношений является линейное.

Среди переменных, имеющих значительное влияние на продолжительность безработицы, мы анализируем переменные дискретного типа (неколичественные) такие, как пол, возраст, образование и ряд других, в то время как одно из основных условий стандартных регрессионных моделей состоит в том, что признаки должны быть непрерывного типа (количественные). Обойти это препятствие позволяет введение двоичных или, как еще их называют, фиктивных переменных. При введении в модель таких

переменных мы преобразуем их в атрибутивные и присваиваем значение единицы в случае наличия признака и нуля – при его отсутствии.

Использование фиктивных переменных помогает решить задачу, связанную с «чистым» влиянием каждого социально-демографического фактора на продолжительность безработицы. Табличная группировка, например, по полу включает в себя влияние таких факторов, как различия в уровне образования, профессиональной структуре мужчин и женщин и т.д. Тендерные различия в группировке могут быть обусловлены преобладанием среди женщин работников таких профессий, которые в первую очередь начали вытесняться с рынка труда. Регрессионная модель с фиктивными переменными позволяет оценивать «чистое» влияние каждого фактора на продолжительность поиска работы.

Важное обстоятельство, на которое надо обратить особое внимание, связано с интерпретацией эффекта двоичных переменных в полулогарифмических уравнениях. Это уравнения, зависимая переменная в которых представлена в логарифмической форме. Как правило, для описания поиска работы мы используем значение логарифма продолжительности поиска работы. Поскольку двоичные переменные входят в уравнение в дихотомической форме, производной от зависимой переменной по отношению к двоичной переменной не существует.

Следующая и очень важная проблема возникает в связи с оценкой пригодности вероятностной модели, предложенной для объяснения данных. После того как интересующий нас параметр оценен по имеющимся данным, возникает вопрос, насколько модель соответствует выборке.

Существуют различные методы конструирования оценок и определения их надежности. Наиболее часто используются метод наименьших квадратов (МНК) и метод максимального правдоподобия. Однако в случае ограниченных зависимых переменных применение метода наименьших квадратов приводит к весьма значительной потере эффективности. Если зависимая переменная ограничена в каком-либо смысле, оценка методом наименьших квадратов имеет асимптотический сдвиг.

Поэтому для исследования модели, в которой оценивается продолжительность периода безработицы в случае цензурирования, целесообразно использовать методы, основанные на функции правдоподобия.

Особенностью функции правдоподобия для таких данных будет то, что она имеет сложную мультипликативную форму и представляет собой произведение двух сомножителей, каждый из которых, в свою очередь, тоже является произведением. Первый сомножитель соответствует объектам, отказы для которых наблюдались (нецензурированные, т.е. трудоустроенные) в заданный период, а второй – объектам, отказы для которых не наблюдались (цензурированные, т.е. нетрудоустроенные).

Построенная модель позволяет дать «чистую» оценку факторов, влияющих на продолжительность поиска работы, например, наличие определенного уровня образования увеличивает или сокращает срок ожидания работы вне зависимости от других социально-демографических характеристик личности и т.д.

Такой подход существенно проясняет направления при разработке рекомендаций по профессиональному ориентированию, экономической и другим видам помощи лицам, потерявшим работу, позволяет органам службы занятости разработать более четкую, структурированную систему мероприятий и соответственно более эффективно расходовать средства, отпускаемые на эти цели.

Иконографические модели в социально-экономических исследованиях. Научная значимость иконографических методов и моделей (как и любого другого метода научного познания) заключается в получении некоторого дополнительного, нового знания в той сфере, где использование других методов невозможно или малоэффективно.

В отличие от применяемых ранее методов регионального экономического анализа (который в ряде случаев тоже осуществлялся на основе картографического принципа), в методах ГИС задействована не только административно-хозяйственная граница региона, но и формируется «естественная» граница распространения изучаемого признака. При этом признак характеризуется некоторыми «уровнями присутствия», концентрациями его на территории, которые задаются интегрально и позволяют идентифицировать регионы с помощью выбранной системы обозначений.

Применение данного метода позволяет:

во-первых, изучать экономический феномен вне рамок административного деления с использованием подвижной «плавающей» границы;

во-вторых, формировать новые научные гипотезы о взаимосвязи изучаемых показателей на основе принципа подобия полученных таким методом регионов;

в-третьих, иметь новую информацию, которая обычно не учитывается официальной статистикой, и за счет этого существенно повышать достоверность статистических данных.

Прикладное значение метода состоит в том, что в результате для процедур принятия решения подготавливается районированная синтетическая информация, которая выдается ЛПР в виде географической карты, визуально представляющей изучаемую проблему через систему нанесенных на нее условных обозначений.

При этом новые методы регионального моделирования (аналитические ГИС) позволяют на основе оригинальной методики обработки первичной информации осуществлять решение следующих управленческих задач:

- комплексный региональный анализ экономического развития страны на базе использования картографического отображения результатов статистических исследований;
- синтезирование и агрегирование информации в рамках ранговых картограмм и представление ее в наглядной форме;
- корректировка официальной статистической информации с учетом функционирования иррегулярных хозяйственных структур;
- оценка реального экономического потенциала региона с выделением «теневой» его составляющей;
- формулировка нетривиальных гипотез относительно наличия взаимосвязи между разнородными экономическими и социальными показателями на базе сравнительного анализа ранговых картограмм.

Изложенные методы и методика их использования апробированы для широкого круга экономических проблем, связанных с оценкой природных ресурсов, финансового состояния, экологического и социально-экономического положения регионов Российской Федерации. Это позволяет рассматривать их как эффективный инструмент поддержки решений на различных уровнях регионального управления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Федоренко Н.П. О целях и стратегии социально-экономического развития России // Экономика и математические методы. 2003. № 2.
- 2 Айвазян С.А. К методологии измерения синтетических категорий качества жизни населения // Экономика и математические методы. 2003. № 2.
- 3 Гаврилец Ю.Н. Стохастическое моделирование межгрупповых информационных взаимодействий // Экономика и математические методы. 2003. № 2.
- 4 Полтерович В.М. Парадоксы российского рынка труда и теория коллективных фирм // Экономика и математические методы. 2003. № 2.
- 5 Абакумов А.И., Гиричева Е.Е. Моделирование демографических изменений при экономических ограничениях // Экономика и математические методы. 2002. № 4.
- 6 Гончаренко А.Б., Староверов О.В. Мобильность населения и качество жизни // Экономика и математические методы. 2002. № 1.
- 7 Васильев А.Н. Модель самоорганизации рынка труда // Экономика и математические методы. 2001. № 2.
- 8 Овсиенко Ю.В. Институциональные сдвиги в России, их социальные и экономические последствия // Экономика и математические методы. 2000. № 4.
- 9 Кислицына О.А. Статистические методы оценки факторов, влияющих на продолжительность поиска работы // Экономика и математические методы. 2000. № 3.
- 10 Козлов Г.А. Модели брачного рынка в демографическом моделировании // Экономика и математические методы. 1999. № 4.
- 11 Гурман В.И., Кульбака Н.Э., Рюмина Е.В. Опыт социо-эколого-экономического моделирования развития региона // Экономика и математические методы. 1999. № 3.
- 12 Шаккум М.Л. Использование иконических моделей для социально-экономических исследований // Экономика и математические методы. 1999. № 2.
- 13 Колесин И.Д. Многокритериальная оптимизация в определенности приоритетов: медико-демографическое приложение // Экономика и математические методы. 1999. № 2.
- 14 Кирута А.Я., Ефимов Б.А. Социальное равновесие, представление социальных соответствий и голосование // Экономика и математические методы. 1998. № 3.
- 15 Сухотин Ю.В. О критериях оценки и объективных законах социально-экономических процессов // Экономика и математические методы. 1998. № 1.
- 16 Староверов О.В. Условия жизни и межгрупповая мобильность // Экономика и математические методы. 1997. № 4.

- 17 Айвазян С.А. Модель формирования распределения населения России по величине среднедушевого дохода (экспертно-статистический подход) // Экономика и математические методы. 1997. № 4.
- 18 Первакова Е.Е., Староверов О.В. О сравнимости различных оценок параметров движения населения // Экономика и математические методы. 1996. № 2.
- 19 Тарасова Н.А., Блюмина М.С. Структура вынужденной занятости и ее влияние на процессы переходного периода // Экономика и математические методы. 1996. № 2.
- 20 Гранберг А.Г. Математические методы социалистической экономики. М.: Экономика, 1978.
- 21 Салищев Н.А. Принципы и задачи системного картографирования. Системное картографирование природных и социально-экономических комплексов. М., 1991.
- 22 Шаккум МЛ. Системный анализ экономической информации методами синтетической географии. М.: Профиздат, 1998.
- 23 Колмогоров А.Н., Тихомиров В.М. E -энтропия и E -емкость множеств в функциональных пространствах // УМН. Т. XIV. Вып. 2(86). 1959.
- 24 Елисеева И.И., Юзбашев М.М. Общая теория статистики. М.: Финансы и статистика, 1998.
- 25 Френкель А.А. Производительность труда: проблемы моделирования роста. М.: Экономика, 1984.
- 26 Шевяков А.Ю., Клейнер Г.Б. Социально-экономический мониторинг: концепция, проблемы, перспективы // Экономика и математические методы. 1993. Т. 29. Вып. 1.
- 27 Кейнс Дж. М. Общая теория занятости, процента и денег // Сб. «Антология экономической классики». М.: Эконом-Ключ, 1993.
- 28 Самуэльсон П. Экономика. М.: БИНОМ, 1997.
- 29 Агранович Б.Л., Ананьина В.П., Бокатый Д.В., Марков Н.Г., Острась П.М. Разработка Интернет-ГИС для организации доступа к хранилищу данных мониторинга социально-экономической сферы регионов // Информационные технологии. 2000. № 11.
- 30 Громенко В.В. Экономико-математическое обеспечение социально-экономического мониторинга // www.5ballov.ru/publication/works/01-39.html.
- 31 Громенко В.В. Развитие метода экспертных оценок в социально-экономических системах // www.5ballov.ru/publication/works/01-38.html.
- 32 Пискун К.В. Социальная политика региона: новый подход // www.5ballov.ru/publication/works/02-15.html.

2 Инструментальные средства

2.1 Развитие теории, методологии и практики компьютерного эксперимента в социально-экономических исследованиях и задачах управления

Согласно схеме А.Н. Колмогорова, планирование эксперимента – это выбор экспериментатором некоторых условий из задаваемого их комплекса, допускающего неограниченное число повторений, и изучение определенного круга событий, которые могут наступать в результате осуществления этих условий. Таким образом, планирование эксперимента – это процедура выбора числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для решения поставленной задачи с требуемой точностью.

Математические методы планирования эксперимента оказываются во многих случаях общими для моделей, имеющих различное происхождение, так как сама возможность планирования возникает только в том случае, когда априори известно, что интересующий исследователя ответ может быть получен в результате различных экспериментов. Для процесса планирования эксперимента характерно:

- стремление к минимизации общего числа опытов;
- одновременное варьирование всеми переменными, определяющими процесс, по специальным правилам – алгоритмам;
- использование математического аппарата, формализующего многие действия экспериментатора;
- выбор четкой стратегии, позволяющей принимать обоснованные решения после каждой серии экспериментов.

В процессе развития теории планирования эксперимента как научной дисциплины в ней выделились отдельные направления со специфическими подходами и методиками. В планировании экспериментов принято выделять следующие типы экспериментов:

- факторные;
- регрессионные;
- экстремальные;
- отсеивающие;
- дискриминирующие.

Фактически с факторного планирования начала свое развитие вся теория планирования эксперимента. Факторные эксперименты были впервые рассмотрены Фишером в 1930-х гг.

Суть теории факторного планирования состоит в построении экономичных планов, по результатам измерений в точках которых можно проводить просто реализуемые процедуры статистических выводов о неизвестных параметрах полиномиальных функций регрессии.

Реализация факторного эксперимента может проводиться с использованием планов различных типов:

- полные факторные планы;
- дробные факторные планы;
- планы, основанные на комбинаторных конфигурациях типа латинских квадратов;
- планы, основанные на построении блок-схем.

Планирование факторного эксперимента отличается от планирования регрессионного допущением, что независимые переменные могут принимать не только количественные, но и качественные значения.

Методика применения факторного эксперимента включает следующие этапы:

- анализ априорной информации;
- выявление факторов;
- анализ чувствительности;
- ранжирование факторов по силе воздействия;
- построение матрицы чувствительности и предсказуемости;
- определение диапазона изменения каждого фактора;
- запись кодированных значений;
- построение матрицы планирования (в кодированных и натуральных значениях);
- проведение опытов;
- определение коэффициентов регрессии;
- построение регрессии в натуральных значениях;
- анализ полученных результатов (проверка адекватности, исключение отрицательных значений функции отклика и т.п.)

Технология экономических экспериментов. Подходы относительно новой ветви экономической науки – экспериментальной экономики (ЭЭ) [1, 2] – основаны на опытной проверке предположений. При этом объектом или средой экспериментирования может быть реальная экономика (так называемые натурные эксперименты – НЭ) или/и ее модельные образы (модельные имитационные эксперименты – МИЭ). НЭ – наиболее естественное средство экономических исследований. Практическая и научная ограниченность их результативности отмечалась неоднократно. Это объясняется уникальностью большинства экономических ситуаций и почти невозможностью без существенных потерь выделить для лабораторного изучения и экспериментального исследования какие-либо фрагменты единого экономического процесса. Поэтому нельзя точно и доказательно проверить теоретические гипотезы общепринятым в естественных науках способом – экспериментом с натурой.

В МИЭ экономическая реальность подменяется ее модельными образами, а с 1950 – 1960-х гг. (см. [3]) – математическими моделями. Эффективность этого подхода связана с тем, что современный уровень экономико-математического моделирования позволяет сконцентрировать в моделях максимум накопленного дескриптивного знания об экономике, а вычислительная техника – оперировать этими моделями в любом месте, при любых обстоятельствах и с любой скоростью. Если удастся построить достаточно адекватную модель, то эксперименты с ней приобретают свойства полноценного научного исследования.

Многообразие экономических явлений требует для своего описания всего спектра экономико-математических средств. В ряде случаев удается получить небанальные модели, вполне поддающиеся формальному анализу. Эти модели формируют известное научное направление – математическую эконо-

мику. Большинство же дескриптивных моделей анализируется в режиме вычислительного эксперимента на ЭВМ [4].

Несмотря на известные успехи, большая область экономических явлений не поддается моделированию прежде всего из-за недостатка или незрелости (неформализуемости) содержательного знания. Это в первую очередь относится к тем экономическим процессам, где существенно поведение человека, в частности, менеджерское, где важны процессы образования и деятельности различных экономически организованных коллективов: предприятий, акционерных обществ, финансовых групп и т.п., т.е. хозяйствующих субъектов. В то же время именно в этой плоскости лежит множество актуальных экономических проблем.

Естественной реакцией на недостаток поведенческих элементов в моделях является подключение к «технологическим» моделям, отражающим, в основном, хорошо известные и потому формализуемые экономические связи, человека (экспертов) на различные роли, соответствующие реальным рабочим местам в моделируемых процессах. Появляются человеко-машинные модели, в которых вычисления по формализованным отношениям создают ту или иную обстановку вокруг вовлеченных в модельную среду экспертов, а последние генерируют специфически человеческие реакции на эту обстановку, подчиняясь в меру способности и желания тому или иному заранее согласованному сценарию. Эффект от такого соединения экспертной деятельности и модельных вычислений выражается не только и часто не столько в итоговых численных данных, сколько в заметном росте компетентности экспертов, имеющих возможность проанализировать проблему как бы изнутри, в ускоренном (замедленном) времени, особом ракурсе (финансовом, производственном, социальном и т.п.) или, наоборот, в системном виде. Следовательно, в таких человеко-модельных экспериментах формализованная часть не только воспроизводит причинно-следственные экономические связи, но и играет роль мощного катализатора экспертной деятельности вне модели. Все это побуждает не только создавать особые модели (с «хорошим» диалогом, в частности), но и делать акцент в экспериментах на работе с экспертами, на экстрагировании полезной информации из накопленных ими знаний. В результате появляется обобщенная технология модельно-игровых экспериментов (рис. 1), содержание основных этапов которой состоит в следующем.

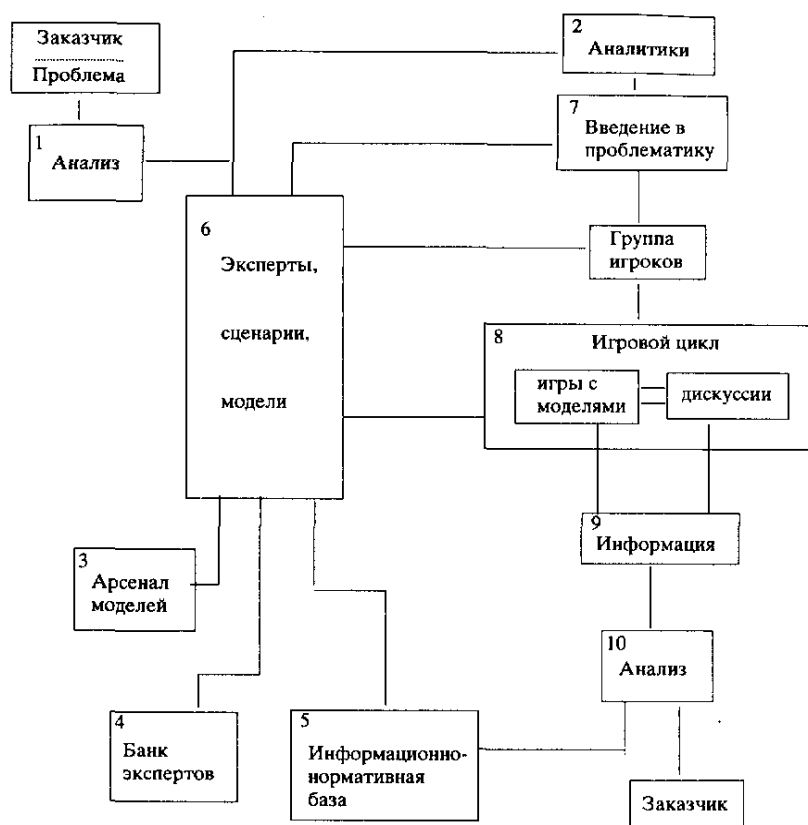


Рис. 1 Технологическая схема модельно-игровой экспертизы

Вся технология ведется группой поддержки, компетентной в организации модельных экспериментов. Следуя рис. 1, в основе технологии лежат банки моделей (3), экспертов (4) и экономико-статистической информации (5). В первом банке накапливаются разработанные в разное время и по

различным поводам дескриптивные модели экономических процессов, стандартно оформленные, охарактеризованные и приспособленные под единую технологию использования. Во втором хранятся данные об экспертах и их специализации с рейтинговыми оценками их компетентности по тем или иным аспектам экономической проблематики. Такие оценки получаются и корректируются, в частности, методами, описанными в [5, 6].

Информационный банк накапливает экономические данные, необходимые для калибровки моделей. Источниками таких данных служат как обычные экономические отчеты, справочники, нормативы и т.д., так и результаты проведенных ранее экспериментов: выявленные целевые функции субъектов экономики, их поведенческие характеристики и т.п. Ведение и пополнение этих банков – первая задача группы поддержки.

Поступающая на экспертизу проблема предварительно анализируется (1) с точки зрения полезности применения к ее исследованию модельного инструментария. При положительном решении формируется специальная группа экспертов-аналитиков (2). Аналитики вместе с группой поддержки после более глубокого изучения проблемы планируют модельный (модельно-игровой) эксперимент и подбирают (6): подходящие модели, экспертов на игровые роли, сценарии предстоящих экспериментов. Здесь же предварительно калибруются модели.

Реализация плана эксперимента начинается с введения в проблематику экспертов-игроков (7): изучения игровых сценариев, назначения на роли, знакомства с рабочими местами и т.п. Для игроков создается ситуация «как в жизни», поэтому модельная часть представляется для них во многом как «черный ящик». Аналитики же полностью информируются о свойствах моделей, особенно о допущенных упрощениях, чтобы они могли максимально достоверно оценивать условность экспериментальных результатов.

Собственно эксперимент (8) состоит из серии игр с моделями, сопровождаемых межигровыми обсуждениями, где эксперты высказывают и уточняют свои мнения, после чего возможно изменение состава моделей, их поднастройка, уточнение сценариев и т.п.

Информация по ходу эксперимента (численная и вербальная) фиксируется (9) и обрабатывается аналитиками (10) для вынесения окончательного мнения по проблеме.

Очень важным является анализ данных, полученных в итоге имитационных игр. Учитывая, что существенная часть эвристической (творческой, идейной) информации зарождается в ходе имитационных экспериментов или в межигровых обсуждениях, она фиксируется средствами аудио- и видеотехники для последующего воспроизведения и рассмотрения ее аналитиками.

Численная информация появляется в модельных экспериментах из динамики выбранных показателей, причем имитационные прогоны моделей дают, как правило, столь обширные данные, что для их обзора и анализа нужны специальные методы обработки. Для этого оригинальная информация из моделей пополняется производной (например, относительными показателями, индексами и т.п.), сжимается (суммируется, усредняется, сворачивается и т.д.) и по выбору аналитиков визуализируется в любых наглядных формах, облегчающих исследование (в графиках, диаграммах, таблицах и т.п.).

При сопоставлении сложных многовариантных решений можно ввести в анализ различные оценочные функции на базе полученных показателей. Такие функции могут быть выражены аналитиками явно или извлечены и синтезированы из их более простых оценок известными методами [7 и др.]. Например, если каждому из сопоставляемых вариантов соответствует вектор из столь многих показателей, что это затрудняет их упорядочение, то в анализ вводится упрощающая процедура попарного сравнения возможно усеченных векторов, в результате которой синтезируется функция, дающая скалярную оценку вариантам. После этого из множества вариантных решений могут быть отсеяны лучшие или парето-оптимальные, если «сжатие» произошло лишь до подмножества показателей.

Работа экспертов-аналитиков может быть организована по-разному, в зависимости от существа проблемы. Одна из возможных схем заключается в выражении экспертами последовательности оценок (мнений) по поводу вариантов решения некоторой проблемы, уточняющихся после получения дополнительной информации в ходе имитационных экспериментов. Такая последовательность позволяет уточнить как общую оценку, так и вычислить рейтинг самих экспертов [5].

Другая схема и соответствующий ей математический аппарат дан в [6].

На этапах анализа важно эффективно организовать обсуждение, особенно по поводу проблем, требующих творческого (идейного эвристического) решения. Если в соответствии с одной из лучших работ по имитации [8] моделирование обоснованно считать скорее искусством, чем наукой, то организация

обсуждений требует в технологии имитационно-игровых экспериментов наибольшей искусности, а именно необходим конферансье.

Фундаментальные проблемы ЭЭ во многом связаны с созданием ее главного инструмента – моделей. Адекватное моделирование экономической реальности требует методологического продвижения в нескольких направлениях, в числе которых важнейшими являются моделирование интеллектуальной экономической деятельности и динамическая калибровка моделей.

Решение первой проблемы определяет способность моделей отобразить поведение хозяйствующих субъектов экономики. Это проявляется, прежде всего, в целеполагающей деятельности указанных субъектов, в выборе критериев экономической деятельности и самого пространства поведения. Данное качество моделей ценно вообще, но особенно актуально в ситуации меняющихся правил хозяйствования. При оценке нововведений, касающихся механизма управления, малонадежно пользоваться непосредственно наблюдаемым в реальности экономическим поведением, которое может кардинально измениться в новых условиях. Уловить и оценить это изменение можно либо экспертно, либо на моделях, но таких, в которых внешне проявляемые признаки поведения генерируются «изнутри», на внутренних факторах поведения, в частности, на мотивационных характеристиках хозяйствующих субъектов экономики.

Так, в модели [9] в зависимости от ситуации меняются параметры целевых функций (автоматически или с помощью экспертов), вид самих функций, включаются или отключаются те или иные блоки оптимизации. Несмотря на сложность примененного аппарата, процедура в сопоставлении с реальностью представляется одновременно и упрощенной и переусложненной не по существу. Возможны другие подходы, упомянутые в [10], но в целом требуются фундаментальные достижения в разработке проблем искусственного экономического интеллекта.

Другое важное качество, которое необходимо отразить в моделях, это динамичность экономических процессов со свойственными им показателями инерционности и скорости протекания (или характерного времени изменчивости). Очень часто эти показатели имманентны процессам, вовлекаемым в модель, и представление их лишь дискретными лагами слишком односторонне и грубо. При моделировании важна, прежде всего, упорядоченность рассматриваемых процессов по инерционности и характерным временам изменения. После фиксации шага модельного времени эта упорядоченность должна сказаться в конструкции модели так, что моделироваться должны процессы с характерным временем изменения, близким к модельному времени, медленные процессы (с большим характерным временем) представляются задаваемыми константами, а быстрые – по-разному усредненными величинами. Таким образом, отражение динамики экономических процессов – это проблема и калибровки моделей и их конструкции. Только с учетом данного фактора динамичности модели могут претендовать на адекватность и применимость в экспериментах.

Для иллюстрации изложенной технологии можно привести пример модельно-игровой экспертизы развития фермерства в России в 1990-е гг.

Задача заключалась в том, чтобы получить заключение, как влияют системы налогообложения, ценообразования и кредитования на эффективность фермерского хозяйствования.

Начальный анализ позволил уточнить проблему следующим образом. Прежде всего были фиксированы две точки зрения на процесс: одна отражала индивидуальный интерес фермеров, другая – общественный (государственный). Критериальные функции по первой формировались на таких показателях, как рентабельность, прибыль, себестоимость, размер капитала, стабильность ситуации и т.п. По второй качество процесса связывалось с объемами выпуска и реализации продукции, причем в желаемой структуре, с объемами налоговых поступлений, конечными ценами, инвестиционной деятельностью, производительностью труда, управляемостью (влиянием на структуру и объем производства), простотой (контролируемостью) системы налогообложения и т.п.

К экзогенным условиям относились такие показатели, как стохастика урожайности, колебание цен на рынках, динамика инфляции, технология производства (показатели удельных затрат) и др.

Предполагалось тестировать различные схемы налогообложения в сочетании с политикой кредитования и регулирования цен на рынках сбыта продукции и приобретения производственных ресурсов. Для эксперимента привлечена модель [9], в которой имитировалась «жизнь» многих фермерских хозяйств, производящих до двух десятков видов сельскохозяйственной продукции по одинаковой (и неизменной) технологии и сбывающих ее как по закупочным государственным, так и по свободным рыночным ценам.

В основе модели лежат две процедуры линейной оптимизации, имитирующие принятие кардинальных решений каждым из фермеров.

1 При известных производственных ресурсах (оборотные средства, земля, транспорт, стадо и т.п.) и прогнозируемых ценах на материальные ресурсы и сельскохозяйственную продукцию планируется структура производства очередного года с целью максимизации прибыли.

2 При выделенных инвестициях (собственных и заемных), известном наличии основных средств, ценах на подержанное и новое оборудование, землю, скот и т.п. оптимизируется структура основных средств для максимизации рентабельности по основным фондам.

Обе задачи решаются для каждого фермера в конкретных условиях (вначале задаваемых, а затем индивидуально складывающихся), причем первая с тактом модельного времени (год), а вторая – при снижении рентабельности производства у данного фермера ниже некоторого уровня от наивысшей на данном такте.

Модели принятия решений «обрамлены» процедурами реализации планов (с учетом стохастичности на урожайность, сбыта и т.п.), учета и расчетов по налогам, кредитам и т.д., анализа хозяйственной деятельности, прогноза цен и объемов сбыта и пр. Нормативы этих процедур (ставки налогообложения, кредитования, государственные закупочные цены и др.) калибруются для каждого эксперимента и формируют состав инструментальных переменных модели. В ней, кроме единообразия технологии производства и принятия решений, много других условностей: «идеальные» учет и информированность фермеров, одинаковые процедуры анализа хозяйственной деятельности и прогноза по горизонту и составу параметров (цены, объемы сбыта, урожайность).

По коэффициентам затрат модель калибрована на данных центральной России. Порядок налогообложения, ставки и проценты на кредиты, льготы и т.п. брались по уровню 1994 – 1995 гг. Ряд параметров (например, ликвидность основных фондов во времени, уровень и динамика цен на вторичном рынке и др.) вводились в модель экспертно. Была сформирована только одна группа экспертов из ученых-экономистов – это допускала незначительная нагрузка на игровой диалог в модели. Часть из них рассматривала процесс с точки зрения фермеров, остальные – исходя из общественных интересов. Прежде всего, эксперты были проинформированы об устройстве модели и, главное, о ее условностях и упрощениях.

План эксперимента предполагал следующую этапность.

В рамках определенной системы налогообложения регулированием налоговых ставок, кредитных условий и политикой цен эксперты в прогонах модели пытались получить «лучшие» результаты, добиваясь компромисса отчасти противоположных интересов фермеров и общества. При этом задавались некоторые наиболее вероятные сценарии по объему и структуре спроса на фермерскую продукцию, ограниченности государственных (льготных) кредитных ресурсов, цене коммерческого кредита, закупочной политике государства (по объемам и ценам) и т.п.

После этого в обсуждениях выдвигались идеи новой системы налогообложения (как наименее «подвижной» части финансового механизма), которая опять тестировалась в изложенной последовательности.

Ниже приводятся в основном качественные выводы по итогам эксперимента. Их численная иллюстрация, во-первых, очень обширна и, во-вторых, трудно читаема из-за реальной динамики цен за последние годы. Поэтому немногие данные приводятся в относительных показателях.

Для постепенного вовлечения экспертов в проблему вначале проводились простейшие малопараметрические эксперименты. Прежде всего прослеживалось влияние начальных (реальных для 1994 г.) цен сельскохозяйственной продукции и производственных ресурсов на судьбу фермеров при элиминировании инфляции из динамики цен. Модель показала, что выживаемость фермеров возможна при производстве лишь двух видов продукции (картофель, ячмень), перепрофилирование хозяйств зависит от начального состояния, а в перспективе, главным образом, от скорости и цены ликвидности ненужного оборудования. При его продаже по первоначальной цене с учетом износа все зависит от экспертно устанавливаемого параметра на ежегодно продаваемую часть. На рис. 2 показана динамика разорения фермеров одного поколения при «жестком» (10 %) и «слабом» (50 %) ограничении на ежегодную долю продаж ненужного оборудования.

Переход фермеров на монопродукт при «замороженных» ценах сопровождается ростом объема товарной продукции и соответственно налоговых отчислений, в основном (95 %), по каналу НДС.

Следующим естественным шагом была попытка изменить общественно неприемлемую структуру фермерского производства, прежде всего изменением закупочных цен. Выяснилось, что достижение положения равной рентабельности всей производимой фермерами продукции требует многократного увеличения цен по большинству видов. Попытки регулировать производство «рыночным» способом (через функции спроса) приводят к тому, что желаемое состояние равной рентабельности если и достижимо,

то лишь на самых «крайних» малодостоверных частях областей определения этих функций. Это приводит к идее специализации фермерства сначала на некотором подмножестве продуктов, где производство рентабельно, возможно, с усиленной государственной дотацией через закупочные цены.

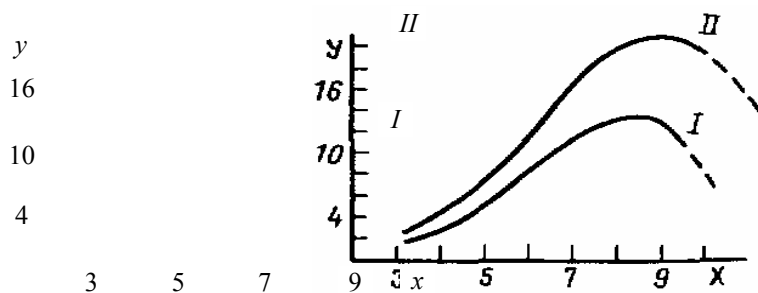


Рис. 2 Разорение фермеров одного поколения (в % от начального числа) по годам хозяйствования:

I – по «высокой»; *II* – «низкой» ликвидности неиспользованного оборудования

Введение в расчеты инфляционных процессов приводит к ожидаемому результату: затуханию инвестиционной деятельности и бурному росту потребности в оборотных средствах. При этом до минимума снижается возможность диверсификации производственной деятельности фермеров.

Оценивая действующую систему финансового обеспечения фермерского производства, можно сказать, что с точки зрения регулирования структуры производства она совершенно неэффективна и выполняет, по существу, лишь фискальную функцию. Компенсировать этот недостаток легче всего соответствующей политикой цен при закупке сельскохозяйственной продукции и обеспечении фермеров производственными ресурсами. Ценовая политика при закупках продукции наиболее действенна, тем более, что этот рынок контролируется государством в наибольшей степени. По итогам экспериментов должную (по оценкам экспертов) управляемость можно удержать, контролируя закупку около 35 – 40 % объема сельскохозяйственной продукции. Цены рынка производственных ресурсов обладают гораздо меньшим регулирующим воздействием, но существенно влияют на показатели выживаемости фермеров, а по средствам производства – на показатели репрофилирования фермерского производства. Эксперимент в этом направлении описан в [9].

Сделать фермерское производство рентабельным при существующей системе финансирования можно: снижением налоговых ставок, повышением закупочных цен, расширением кредитных льгот. Наиболее «быстрый» рычаг – закупочные цены, но при этом необходимо сохранить достаточную долю контроля на рынках фермерской продукции. При общем экономическом курсе на рыночное регулирование эта мера может считаться кратковременной.

Снижение налоговых ставок на 35 – 45 %, как показывает эксперимент, дает шансы на экономическое выживание фермеров. Предполагаемая потеря в налоговых поступлениях восполняется на пятый – шестой год.

Радикальный путь, однако, заключается в стимулировании новых технологий в фермерском хозяйстве. Для этого такие технологии должны быть предложены (вместе с их ценой) и созданы финансовые условия перехода на них. Наиболее приемлема такая последовательность действий: уровнем налогообложения (в действующей системе) и закупочных цен сделать фермерство рентабельным хотя бы по нескольким видам продукции, льготным кредитованием стимулировать внедрение новых технологий. Затем дифференцированным (по производственным ресурсам) налогообложением придать последнему регулирующую роль и, постепенно снижая долю дотируемых закупок, перейти к режиму рентабельности хозяйствования.

Экспериментирование с моделями натолкнуло на некоторые организационные идеи, весьма эффективные. Так, очень полезно кооперирование фермеров при использовании автомобилей, комбайнов, прицепов и т.п. Иногда это позволяет в 2 – 3 раза снизить затраты по соответствующим статьям расходов. По-видимому, изложенная идея должна быть эффективной и при переработке продукции.

Результаты экспериментов чувствительны к таким параметрам, как качество прогноза урожайности, объемы и цены сбыта, точность учета и анализ хозяйственной деятельности, информированность фермеров об эффективности производства во всех направлениях и т.п. Так, в модели [9] выбор направления инвестирования у каждого фермера определяется структурой фондов наиболее эффективно работающего хозяйства. Если таковое определяется на всем множестве фермеров, то это можно трактовать как полную информированность каждого о деятельности любого другого. По-видимому, это предположе-

ние слишком сильно в сопоставлении с реальностью, которая в этом отношении малоизвестна. Если ограничить эту информированность, например некоторой долей случайно выбранных хозяйств, то процесс переориентации резко замедляется. Скалярной оценкой этого явления может быть средневзвешенная (по объему товарной продукции) рентабельность всех хозяйств, нормированная по максимальной. Соответствующий график на рис. 3 получен при постоянстве всех остальных условий эксперимента.

Аналогичные эффекты наблюдаются по другим упомянутым здесь аспектам. Реализовать связанные с этим возможности на практике можно, например, созданием информационных и консультационных центров для фермеров.

Численное обоснование изложенных идей, превращение их в развернутый во времени план конкретных действий требуют экспериментирования с расширенным модельным комплексом, актуализированной информацией и компетентными экспертами.

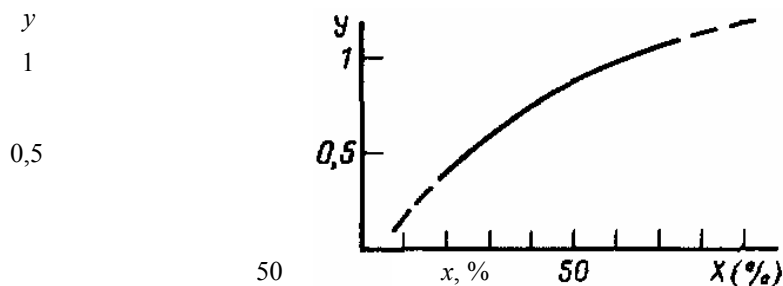


Рис. 3 Зависимость рентабельности от информированности
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Макаров В.Л. Теоретические основы экспериментальной экономики // Экономист. 1995. № 9.
- 2 Papers in Experimental Economic Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1991.
- 3 Smith V. An Experimental Imperfect Market // J. of Political Economy. 1948. V. LVI, April.
- 4 Нейлор Т. Имитационные модели в экономике. М.: Мир, 1976.
- 5 Айвазян С.А. Моделирование механизма формирования экспертного мнения при выборе решения // Экономика и математические методы. 1994. Т. 30. Вып. 2.
- 6 Конаков В.Д. Оптимальный доклад прогноза эксперта // Экономика и математические методы. 1995. Т. 31. Вып. 3.
- 7 Фишберн П. Теория полезности для принятия решений. М.: Наука, 1978.
- 8 Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука. М.: Мир, 1978.
- 9 Житков В., Морозов А., Царфин Л. Модельный инструментарий для прогноза фермерского производства // Экономика и математические методы. 1994. Т. 30. Вып. 4.
- 10 Модельные эксперименты с механизмами экономического управления. М.: Наука, 1989.
- 11 Житков В.А., Корнейчук А.А. Технология модельных экономических экспериментов // Экономика и математические методы. 1997. № 3.
- 12 Богданова Т.К., Гольденберг А.И., Кузнецова К.С., Эпштейн А.С. Метод учета влияния разнородных факторов в экономических измерениях // Экономика и математические методы. 1997. № 1.

2.2 КОНСТРУИРОВАНИЕ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ КАК ОСНОВЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ МАШИННЫХ КОМПЛЕКСОВ И РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ ДЛЯ АНАЛИЗА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СЛОЖНЫХ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ И ФИНАНСОВОЙ СФЕР

Имитационное моделирование. Имитационное моделирование определяет в моделировании вообще такую область, которая относится к получению экспериментальной информации о сложном объекте, которая не может быть получена иным путем, как экспериментируя с его моделью на ПЭВМ.

Второй определяющей чертой термина является требование повторяемости, ибо один отдельно взятый эксперимент ничего не значит. Имитационный объект имеет вероятностный характер функционирования. Для исследователя представляют интерес выводы, носящие характер статистических показате-

лей, оформленных, может быть, даже в виде графиков или таблиц, в которых каждому варианту исследуемых параметров поставлены в соответствие определенные средние значения с набором характеристик их распределения, без получения зависимости в аналитическом виде.

Эта особенность является и достоинством, и одновременно недостатком имитационным моделей. Достоинство в том, что резко расширяется класс изучаемых объектов, а недостаток – в отсутствии простого управляющего выражения, позволяющего прогнозировать результат повторного эксперимента. Но в реальной жизни также невозможно для сколько-нибудь сложного объекта получить точное значение экономического показателя, а только лишь его ожидаемое значение с возможными отклонениями.

Главной функцией имитационной модели является воспроизведение с заданной степенью точности прогнозируемых параметров ее функционирования, представляющих исследовательский интерес. Как объект, так и его модель должны обладать системными признаками.

Функционирование объекта характеризуется значительным числом параметров. Особое место среди них занимает временной фактор. В большинстве моделей имеется возможность масштабирования или введения машинного времени, т.е. интервала, в котором остальные параметры системы сохраняют свои значения или заменяются некоторыми обобщенными величинами. Таким образом, за счет этих двух процессов – укрупнения единицы временного интервала и расчета событий этого интервала за зависящий от мощности ПЭВМ временной промежуток и создается возможность прогноза и расчета вариантов управленческих действий.

Каждое сочетание параметров, соответствующих принятому интервалу времени, принято называть характеристиками состояния системы и, таким образом моделирование сводится к описанию соотношений, преобразующих характеристики состояния системы. Для описания этого шага могут быть привлечены все возможные средства преобразования количественных характеристик: дифференциальное и интегральное исчисления, теория множеств, игр, вероятностные функции, датчики случайных чисел и т.д. Это и будет математической моделью подсистемы функционирования объекта.

Нужно отметить, что некоторые из языков ориентированы на решение задач, в которых процессы описаны только дифференциальными уравнениями и не являются в нашей трактовке языками имитационного моделирования.

Однако компиляторы или интерпретаторы с языков моделирования имеются далеко не на всех ПЭВМ, кроме того, авторы языка обычно накладывают ограничения на моделируемые процессы, которые не всегда устраивают экспериментатора.

Процесс получения оптимального управленческого решения методами адаптивно-имитационного моделирования имеет циклический характер и состоит из нескольких этапов:

I *Формулировка комплекса задач исследования.* Особенностью имитационного моделирования является снятие требования единственности целевого функционала и возможность присоединить к главной цели, например, достижению наименьшей себестоимости или производства продукции, дополнительные требования, которые будут обязательно учитываться при поиске оптимального плана управления производством, такие как надежность этого плана.

II *Построение концептуальной модели* объекта предполагает изучение системных свойств объекта, взаимосвязей между его элементами и средой, структуризацию и выделение подсистем. Концептуальная модель очень важна для исследовательских задач, в ней должно содержаться гипотетическое представление о природе взаимосвязей в объекте, которое должно быть либо подтверждено, либо опровергнуто с четким разграничением бесспорных моментов и исследовательских гипотез, которые могут быть уточнены в процессе экспериментов.

III *Определение структуры и требований* к моделируемой программе. Структура и требования к программе определяют ход и выполнение последующих этапов реализации исследований. В основном эти требования могут быть разбиты на три группы в соответствии с тремя целеполагающими установками.

Первая вытекает из целей исследования и направлена на результаты работы программ. Она устанавливает перечень характеристик состояния системы или их производных интегральных параметров, которые должны контролироваться экспериментатором в процессе моделирования при различных режимах. При первом прогоне – расширенный набор характеристик, позволяющий проконтролировать правильность хода эксперимента, убедиться в адаптивности моделируемого процесса, пусть даже с потерей времени на осуществление контроля. В дальнейшем данный вид контроля должен быть отключен для увеличения быстродействия.

Вторая часть требований определяется назначением результатов работы программы. В зависимости от целей эти результаты должны преобразовываться либо в графический вид (для окончательных ре-

зультатов), либо преобразовываться в соответствующий формат входной информации (для передачи другим блокам модели, особенно если они используют различные языки программирования).

Третья часть требований содержит ограничения по времени для работы как всей программы в целом, так и ее блоков. При вынужденном прерывании работы блока по ограничению времени исследователь должен сделать вывод о неблагоприятности в постановке задачи по данному блоку и необходимости согласования алгоритма с ресурсами времени.

IV Построение математической модели исследуемой системы. Завершается окончательная формализация функционирования исследуемой системы в виде последовательности преобразований характеристик состояний системы в зависимости от модельного времени. Может включать в себя любые преобразования дискретных систем, которые могут быть осуществлены на ЭВМ.

V Разработка программы моделирования. Написание программы начинается с ее математического содержания. Прежде всего, это преобразование математических описаний элементов и учитываемых внешних воздействий к виду, который позволит реализовать пошаговое осуществление процесса функционирования на конкретной ЭВМ. Учитывая заданное начальное значение характеристик состояния системы, определяют алгоритм образования следующих друг за другом дискретных моментов модельного времени.

VI Верификация и адаптация имитационной модели. Заключительные этапы работы по построению модели не менее важны по степени ответственности. Чаще всего их именуют просто оценкой адаптации разработанной системы, часто забывая, что здесь имеют место две различных по существу проблемы.

Первая – насколько близка созданная модель реально существующему явлению, вторая – насколько пригодна данная модель для исследования новых, еще не опробованных значений аргументов и параметров системы.

Решение первой задачи, называемой многими авторами верификацией, чаще всего решается ретроспективным методом или методом контрольных точек. Обычно системе задаются такие значения параметров и начальных значений, в которые она должна прийти через определенное количество шагов модельного времени к состоянию, известному тем или иным образом исследователю.

Комплекс адаптивно-имитационных моделей дает возможность более точно учитывать стохастические и нелинейные зависимости технологических процессов и получать научно обоснованные и надежные в реализации управленческие решения. Но, вместе с тем, нельзя не сказать о недостатках метода:

- сложности при описании и построении нелинейных технологических зависимостей, требующих привлечения к экономическому исследованию специалистов смежных наук, переработки значительно большего количества информации и специальных методов исследования, не применявшихся ранее экономической наукой;
- необходимость итеративного подхода при отыскании оптимума методами многомерного планирования эксперимента, существенно увеличивающего время поиска оптимального решения;
- некоторое снижение точности результатов расчета за счет требований диалога с ЭВМ, вынуждающих применять в комплексе упрощенные алгоритмы моделей.

Из анализа этих недостатков видно, что в своей основе они имеют гносеологический характер и для получения качественно новых результатов исследователь должен преодолеть трудности такого характера. По поводу третьего недостатка, носящего технические черты, нужно заметить, что в процессе развития информационной техники увеличивается быстродействие ЭВМ и в качестве элементов-моделей можно будет включать все более сложные функциональные зависимости, которые повысят общую точность вычислений.

Задачей функционирования имитационного подкомплекса является расчет показателей экономической эффективности и надежности плана управления производством при заданных значениях изменяемых параметров. Заранее неизвестные условия генерируются в соответствии с функциями распределения факторов.

Второй существенной особенностью функционирования является необходимость повторять расчет итоговых параметров модели определенное число раз, которое находится заранее по разработанной методике. Целью повторений является имитация различных вариантов возможных условий.

Основные задачи прогнозирования экономической эффективности адаптивно управляемых систем решаются с помощью имитационных моделей. Главными проблемами здесь являются моделирование стохастичности, несущее много черт чисто математической задачи, которую необходимо правильно поставить. Только после этого можно приступить к расчету обоснованных результатов моделирования.

Основой для построения стохастических функций являются их математические ожидания и средне-квадратические отклонения, имеющие распределение, которое в задачах моделирования принималось аналогично близким к нормальному.

Для описания имитационного процесса весьма актуален вопрос выбора языка программирования. Хотя теоретически возможно описать модель на любом из широко распространенных универсальных проблемных языков Фортране, PL/1, Паскале, но опыт развития теории и практики имитационного моделирования в нашей стране и за рубежом показывает, что наиболее эффективным средством являются специальные имитационные языки, которых к настоящему времени создано уже немало и многие из них эффективно используются, особенно за рубежом, где ни один крупный проект не реализуется без проверки

на имитационной модели. Наиболее известны языки: GPSS, GASP, SIMSCRIPT и DYNAMO, реализующие различные подходы к моделированию.

Выбор языка моделирования влечет за собой принятие концепции авторов языка, что не может не сказаться на стратегии разработки, построения и совершенствования модели, ибо этот процесс существенно зависит от гибкости и мощности изобразительных средств языка, ресурсов, предоставляемых пользователю.

Для моделирования на ЭВМ сложной системы нужен аппарат программирования, предусматривающий:

- способы организации данных, обеспечивающие простое и эффективное моделирование;
- удобные средства формализации и воспроизведения динамических свойств моделируемой системы;
- возможности имитации стохастических систем, т.е. процедуры генерирования и анализа случайных величин и временных рядов.

Реализация требований к имитационным моделям в рамках универсального языка программирования приводит к громоздким и неудобным для практического использования программам. В большинстве таких программ могут разобраться только их авторы, а любое изменение в постановке задачи требует переработки значительной части текста программы.

Более того, даже при создании специализированных языков имитационного моделирования в зависимости от концептуальной направленности их авторов можно выделить четыре основных класса, которые перечислим в соответствии с классообразующим признаком:

1 Доработка универсального языка группой операторов, реализующих необходимые функции. Этот путь наиболее простой и в литературе приводится много языков, незначительно отличающихся друг от друга. Наибольшее распространение в этом классе получил язык GASP, который может быть реализован на любой вычислительной системе, имеющей в программной среде компилятор с FORTRAN-IV. Существенным недостатком класса является отсутствие концептуальной выразительности и средств для проверки логики имитационной модели.

2 Ориентация на системы дифференциальных уравнений, удобная для реализации группы исследовательских моделей, породила класс языков, ярким представителем которого являются DYNAMO и распространенный в России его диалект ИМИТАК. Но концепция, опирающаяся на понятия математической физики, оказалась не очень удобной для экономических расчетов.

Оставшиеся языки многие исследователи делят на две школы: школу фирмы IBM, где применяется язык GPSS, использующий в качестве дескрипторов схемные символы, и школу, использующую операторные языки;

3 Применение операторов приводит к построению моделей на основе аналитического расчленения изучаемого процесса на условия, необходимые для выполнения действий, результаты этих действий а также временные взаимозависимости между элементами системы и действиями, в которых они участвуют. Примером такого языка может служить SIMSCRIPT, пока не нашедший широкого применения в исследовательской практике, особенно экономической;

4 В языке GPSS, ориентированном на процессы, моделирование системы производится путем движения транзактов через блоки действий. Решения принимаются в результате воспроизведения логики функционирования моделируемой системы, которая представляется в виде блоков.

По причине значительной трудоемкости имитационное моделирование применялось только как метод экономических исследований в научной деятельности и крайне редко – в практической работе. Однако, задачи практики требовали создания языков моделирования, применимых в работе по управлению объектами более широкого класса, нежели уникальные научные установки. И к середине 1980-х гг. бы-

ло создано в основном американскими фирмами более 20 различных систем. К числу них относились уже упомянутые выше GASP, SIMULA, GPSS и SLAM.

В середине 1990-х гг. появилось и получило широкое распространение новое поколение имитационных языков. Наиболее популярными языками по данным обзора Джея Туо являются:

- Process Charter-1.0.2 (Процесс Чартер), разработчик – компания Scitor, Калифорния, США;
- Powersim-2.01 (Пауерсим), разработчик – компания Modell Data, Берген, Норвегия;
- Lthink-3.0.61 (Лтинк), разработчик компания High Performans Systems, Ганновер, Германия;
- Extend+BPR-3.1 (Экстенд+БПР), разработчик – Imagine That!, Сан-Хосе, США;
- Rethink (Ретинк), разработчик – Genisym, Кембридж, Массачусетс, США;
- Piligrim-2.1 (Пилигрим) совместной разработки МегаТрон,

Москва, Keisy, Гаага, Нидерланды и Энит, Таллин, Эстония.

Первый из них, Процесс Чартер, ориентирован на дискретное моделирование. Удобный и простой в построении модели, самый дешевый из представленных продуктов, но ориентирован в основном на распределение ресурсов, слабая поддержка моделирования непрерывных компонент и недостаточно средств для построения диаграмм.

Пакет Пауерсим, наоборот, является лучшим средством для построения непрерывных моделей, имеет множество встроенных функций, многопользовательский режим для коллективной работы группы исследователей с моделью, средства обработки массивов для упрощения создания аналогичных моделей. К недостаткам можно отнести сложную специальную систему обозначений и ограниченную поддержку дискретного моделирования.

Пакет Лтинк комбинирует достоинства первых двух программных средств и эффективно работает как с дискретными, так и с непрерывными моделями посредством встроенных блоков, имеется подробная обучающая программа, поддерживается значительное количество форматов входных данных, развиты средства анализа чувствительности, имеется поддержка моделирования слабо подготовленными пользователями. К недостаткам можно отнести сложную систему обозначений и поддержку меньшего числа функций по сравнению с Пауерсим.

Следующий пакет, Экстенд+БПР, специально предназначен для анализа бизнес-проектов и также поддерживает дискретное и непрерывное моделирование. К числу достоинств нужно отнести понятную среду построения моделей с помощью блоков, множество встроенных блоков и функций для облегчения конструирования моделей, средства построения дополнительных функций посредством встроенного языка. К сожалению, данный пакет используется в достаточном объеме только на компьютерах Макинтош и имеет высокую стоимость.

Пакет Ретинк обладает основными свойствами Экстенд и имеет хороший графический транслятор для создания моделей, но работает под управлением экспертной системы G2 в режиме реального времени. Недостатками являются слабая поддержка создания непрерывных компонент, необходимость экспертной системы, которая далеко не всегда требуется при моделировании, и высокая стоимость.

Попытки создать универсальную систему моделирования привели к появлению системы Пилигрим, которая популярна в Европе и России. Пакет обладает широким спектром возможностей имитации временной, пространственной и экономической динамики моделируемых объектов. Разрабатываемые модели имеют качество коллективного управления процессом моделирования. Стоимость пакета ниже, чем Ретинк и экспертная система G2. К недостаткам можно отнести лишь отсутствие графического транслятора.

Вторым принципиальным вопросом является проблема минимального количества имитаций. В специальной литературе описаны несколько различных подходов. Наиболее распространен приведенный Нейлором способ определения минимального объема выборки.

Клейнен приводит метод, полученный Штейном после модификации вышеупомянутого, который представляется несколько более точным. Пусть, после проведенных имитаций, имеем N значений исследуемой величины, которые можем считать независимыми случайными наблюдениями с нормальным законом распределения. Вычислим выборочное среднее:

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^N x_i / N \quad (1)$$

и дисперсию s^2

$$s^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (-x_i)^2, \quad (2)$$

где x_i – значения исследуемой величины.

Поскольку x и s^2 зависят от объема выборки или количества имитаций, то представляет практический интерес метод определения минимального числа экспериментов, дающий требуемую надежность. Из-за случайного характера моделируемого процесса мы никогда на 100 % не можем утверждать, что вычисленная величина x совпадает с ее истинным значением M . Поэтому корректно говорить лишь о вероятности непревышения заранее заданного значения величины отклонения $|x - M|$. Обозначив через α эту вероятность, получим:

$$P[|(x - M)| < C] = 1 - \alpha. \quad (3)$$

В случае нормального распределения мы можем воспользоваться известным соотношением:

$$C = \frac{t_{\alpha} S}{\sqrt{N}}, \quad (4)$$

где t выбирается в соответствии с заданным уровнем доверительной вероятности; α – по таблице распределения Стьюдента.

Разрешив относительно N , получим окончательно расчетную формулу минимального числа имитационных экспериментов с нужной надежностью:

$$N = \frac{t_{\alpha}^2 S^2}{C^2}. \quad (5)$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Глушков И.Н., Латышев Н.В., Остапенко С.Н. Сравнительный анализ и направления совершенствования автоматизированных информационных систем, обеспечивающих процесс управления развитием СТС // Экономика и математические методы. 2000. № 3.
- 2 Андреев Г.И., Буренок В.М., Латышев Н.В., Мушков А.Ю. Многокритериальная задача выбора проекта развития сложной системы специального назначения // Экономика и математические методы. 1999. № 3.
- 3 Бобкова И.А., Левин М.И. Экспериментальная микроэкономика: некоторые проблемы и подходы // Экономика и математические методы. 1997. № 1.
- 4 Егорова Н.Е., Кириллова А.Н., Фаерман Е.Ю., Фонтана К.А., Хачатрян С.Р. Имитационная система сбалансированных решений по капитальному ремонту и реконструкции жилого фонда // Экономика и математические методы. 1997. № 1.
- 5 Левинсон М.Р. Исследование стационарных траекторий в имитационной модели народного хозяйства России 1994 – 1995 гг. // Экономика и математические методы. 1996. № 4.
- 6 Дал У., Мюрхауг Б., Нюгорд К. Универсальный язык моделирования. М.: Мир, 1969. 316 с.
- 7 Емельянов А.А., Власова Е.А. Имитационное моделирование в экономических информационных системах. М.: МЭСИ, 1996. 108 с.
- 8 Клейнен Дж. Статистические методы в имитационном моделировании. М.: Статистика, 1978. 221 с.
- 9 Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем / Под ред. Т.М. Нейлора. М.: Мир, 1975. 501 с.
- 10 Туо Дж. Сравнение четырех пакетов имитационного моделирования // Компьютерик. 1995. № 35. С. 35 – 36, 55.
- 11 Шеннон Р.Дж. Имитационное моделирование систем – искусство и наука. М.: Мир, 1978. 418 с.
- 12 Манаев Е.Л. Метод преобразования дискретной имитационной модели в сеть Петри // Информационные технологии. 2001. № 9.
- 13 Рыбанов А.А., Шевчук В.П., Желтоногов А.П. Автоматизация синтеза техники проведения имитационных исследований // <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2002/128.pdf>.

2.3 РАЗРАБОТКА СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ РАЦИОНАЛИЗАЦИИ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР И ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИКОЙ НА ВСЕХ УРОВНЯХ

УПРАВЛЕНИЕ КОМПЛЕКСОМ ПРЕДПРИЯТИЙ. В ХОДЕ СОТРУДНИЧЕСТВА ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ И ТОРГОВЫЕ АГРОПРЕДПРИЯТИЯ НАЧИНАЮТ ОБЪЕДИНЯТЬ СВОИ РЕСУРСЫ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ ОБЩИХ ЦЕЛЕЙ, ЧТО ПОЗВОЛЯЕТ УВЕЛИЧИВАТЬ ОБЪЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА, СНИЖАТЬ ИЗДЕРЖКИ, РАСШИРЯТЬ РЫНКИ СБЫТА, ПОВЫШАТЬ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ ПРОИЗВОДИМОЙ ПРОДУКЦИИ И Т.П.

ВСЕ ВОЗРАСТАЮЩАЯ СЛОЖНОСТЬ РЕШАЕМЫХ ПРИ ЭТОМ ЗАДАЧ ПРЕДПОЛАГАЕТ УЖЕ НА САМЫХ ПЕРВЫХ ШАГАХ ПЕРЕХОД К КАЧЕСТВЕННО НОВЫМ МЕТОДАМ УПРАВЛЕНИЯ, ПРИЗВАННЫМ ОБЕСПЕЧИТЬ ВЫСОКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ВСЕХ ЕЕ ЭТАПАХ: ОТ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ – ДО КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ. ОДИН ИЗ НАИБОЛЕЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТАКИХ ПОДХОДОВ СВЯЗАН С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРИНЦИПОВ ОТКРЫТОГО УПРАВЛЕНИЯ. ПРИ ЭТОМ ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ЖИВУЧЕСТИ АГРОПРЕДПРИЯТИЙ, ИХ ФИНАНСОВОЕ ПРОЦВЕТАНИЕ ОКАЗЫВАЮТСЯ НАПРЯМУЮ СВЯЗАНЫ С ВНЕДРЕНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ САМООРГАНИЗАЦИИ, ДЕЦЕНТРАЛИЗАЦИЕЙ УПРАВЛЕНИЯ, ПОВЫШЕНИЕМ САМОСТОЯТЕЛЬНОСТИ И ОТВЕТСТВЕННОСТИ ВСЕХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ, ИЗМЕНЕНИЕМ СТРУКТУРЫ ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ, УГЛУБЛЕНИЕМ ПРОЦЕССОВ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ И КООПЕРАЦИИ И Т.Д.

ОДНАКО ДОБИТЬСЯ РЕАЛИЗАЦИИ ЭТИХ ПРИНЦИПОВ НА ПРАКТИКЕ ВЕСЬМА ТРУДНО. ДЕЛО В ТОМ, ЧТО ЭФФЕКТИВНОСТЬ УПРАВЛЕНИЯ В РАССМАТРИВАЕМЫХ СЛУЧАЯХ ПРЕДПОЛАГАЕТ ВЫСОКУЮ СТЕПЕНЬ СОГЛАСОВАННОСТИ ДЕЙСТВИЙ ПАРТНЕРОВ И ТЕСНОЕ ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ, ТРЕБУЮЩИХ ПОЛНОЙ РАВНОПРАВНОЙ «ПРОЗРАЧНОСТИ» КАЖДОЙ ИЗ СТОРОН. ТАК, ВСЕГО ЛИШЬ МЕСЯЧНЫЙ «ПРОВАЛ» ИНВЕСТОРА ПРИ ЗАКУПКЕ СУПЕРКОНЦЕНТРАТОВ МОЖЕТ ПРИВЕСТИ К НЕОБРАТИМОЙ ПОТЕРЕ ВСЕГО ПРОМЫШЛЕННОГО СТАДА ПТИЦЕФАБРИКИ, А НЕЗАПЛАНИРОВАННОЕ ПАДЕНИЕ ОБЪЕМОВ РЕАЛИЗАЦИИ ЯИЦ ИЛИ СРЫВ ГРАФИКА ВОЗВРАТА ИНВЕСТИЦИЙ МОЖЕТ ОБОРНУТЬСЯ ДЛЯ ИНВЕСТОРА МНОГОКРАТНЫМИ УБЫТКАМИ ОТ ДРУГИХ, БОЛЕЕ ВЫГОДНЫХ НА СЕГОДНЯШНИЙ ДЕНЬ ПРОГРАММ.

Новые подходы к созданию систем управления рассматриваемого класса связываются с применением интеллектуальных технологий, использующих средства представления знаний для построения интегрированных моделей предприятий.

Подобные модели могут быть построены в форме виртуальных миров и интеллектуальных агентов предприятий, позволяющих моделировать такие сложные процессы, как кооперация и самоорганизация. Рассматриваемые модели могут быть постоянно доступны каждому из партнеров по кооперации и составлять их общее «игровое поле», реализуемое через корпоративную сеть. В результате предприятия как бы обмениваются собственными моделями и тем самым становятся абсолютно «прозрачными» друг для друга, что в случае возникновения «нештатных» ситуаций позволяет партнерам легче передоговариваться и принимать на каждом шаге не только оптимальные, но и согласованные решения.

Используя такие модели как полигон для отработки принимаемых решений, предприятия получают возможность, с одной стороны, резко ускорить все переговорные процессы и добиться более обоснованных и согласованных планов деятельности. С другой стороны, если рассматриваемые модели реально отражают состояние дел каждого предприятия «на каждый день» и его ближайшие и долгосрочные перспективы, то система управления может ежедневно (и даже ежечасно!) вычислять «рассогласование» между планом и фактом и корректировать программы своих действий по результатам выполнения каждого очередного шага.

Рассмотрим подробнее возможность построения моделей среды деятельности агропредприятий, входящих в состав агроконцерна, финансово-промышленной группы или торгового дома. В числе этих предприятий могут быть банки, торговые дома, птицефабрики, свинокомплексы, предприятия переработки агропродукции, поставщики кормов и суперконцентратов, газа и электроэнергии и ряд других.

Основные компоненты деятельности этих предприятий можно описать на базе следующих понятий: цель деятельности, среда деятельности, субъекты-индивиды и объекты деятельности, исходный материал, знания – особо выделяемые из числа средств и фиксируемые в специальных знаковых формах, орудия и инструменты, исходная и конечная ситуации, результат и сценарии действий, ресурсы и ограничения деятельности. Особо выделяются категории, приложенные к описанию субъекта деятельности: действия субъекта над объектом (материалом); табло сознания индивида; внутренние для индивидуума (интериоризованные) средства и способности, необходимые для оперирования всеми средствами и осуществления действий.

В свою очередь рассмотренные понятия представляются на базе концептов более низкого уровня типа «объекта», «процесса», «свойства», «отношения» и некоторых других. При этом каждая сущность может быть описана совокупностью свойств (объекты – суть свойства), определяющих ее способность вступать во взаимодействие с другими сущностями.

Описание субъектов и объектов в рассматриваемой схеме концептуального анализа должно осуществляться через «навешивание» объектам свойств с указанием тех процессов, которые ими стартуются (и добавления в систему формализованного описания этих процессов, если существующие шаблоны не подходят).

Какие объекты (средства) деятельности используются в разрабатываемой системе? Деньги, документы, ценные бумаги, корма, племенные и обычные яйца, сами птицы (промышленные несушки, птицы родительского стада, молодняк и т.д.), мясо птицы, газ, вода и электричество и т.п. Какие процессы реализуются, например, на птицефабрике? Это процессы производства и продажи продукции, кредитования и инвестиций и т.д. Каждый из этих процессов есть некоторый сценарий действий, который реализуется субъектами деятельности (внешними или внутренними для фабрики) и в ходе которого различные сущности претерпевают качественные или количественные изменения, создаются или уничтожаются (деньги – корм – яйца – деньги – ...), перемещаются в пространстве. Каждый из этих процессов, в свою очередь, также имеет свои свойства или особенности, свою скорость и другие характеристики или атрибуты.

В целом, каждый процесс при этом реализуется через направленные действия субъектов участников и ответные реакции других участников взаимодействия. Чтобы начать действовать, стороны должны договориться, т.е. найти условия, удовлетворяющие каждую из сторон.

Продолжая аналогичным образом, можно построить модель компании как «среды действий и рассуждений», позволяющей разыгрывать различные сценарии достижения поставленных целей и сопоставлять их по различным критериям.

Виртуальные миры и интеллектуальные агенты. Для компьютерной реализации рассматриваемого подхода и создания рассмотренной модели «среды действий» и «среды рассуждений» предприятий предлагается концепция виртуальных миров и интеллектуальных агентов, разработанная ранее для решения задач познавательного и развивающего обучения.

Виртуальный мир (ВМ) – это программная модель среды действий, моделирующая эффект присутствия пользователя. При этом разрабатываемые программные средства реализации ВМ предоставляют прямой доступ к объектам мира для выполнения действий, моделируя реакцию на эти воздействия в соответствии с его законами. Особенностью этих систем является ориентация на использование знаний и применимость для описания различных предметных областей. По аналогии с ВМ в разрабатываемом подходе могут быть построены Миры знаний (МЗ), позволяющие моделировать процессы рассуждений специалистов и менеджеров. Важное отличие рассматриваемых миров от традиционных полипредметных баз знаний состоит в ориентации на описание «действий» и использование соответствующей логики действий, т.е. в сочетании декларативных и процедурных знаний.

Интеллектуальный агент (ИА) – это интеллектуальная система, моделирующая поведение, мышление и коммуникацию субъектов деятельности. Особенностью ИА является реализация полного цикла: восприятие – познание – исполнение в среде двух псевдореальностей (ВМ и МЗ). При этом всем ИА доступен общий «мир действий» компании, определяющий для них заданное игровое поле.

Реализация интеллектуальных систем управления предприятиями на основе предлагаемого подхода включает несколько этапов. Первоначально, с использованием разработанной схемы концептуального анализа и соответствующего языка описания ВМ и ИА создается общая модель среды деятельности рассматриваемых предприятий, использующая концепты объекта и субъекта деятельности, сценария действий, свойств и отношений и т.д. Далее конструируются ВМ и МЗ каждого из предприятий, используемые ИА менеджеров и специалистов. После создания начальных версий ИА начинается процесс их дообучения. При этом реальные сотрудники должны будут постепенно вовлекать своих ИА в решение возникающих задач, специфицируя проблемные ситуации в форме сцен того или иного мира. У каждого ИА при этом начинают формироваться собственные МЗ, в результате составляющие интегрированную базу знаний компании. В этой базе размещаются не только декларативные знания, но и описания проблемных ситуаций, сценарии действий, полученные результаты и т.п.

Используя свои базы знаний, ИА получают возможность планировать действия и реализовывать их в «среде действий», постоянно сопоставляя модельные и реальные результаты. Расхождения в этих результатах требуют от ИА инициирования диалогов со своими «хозяевами» как для решения поставленной задачи, так и приобретения новых знаний. Таким образом, ИА не должны создаваться для пользова-

телей изначально готовыми, а как бы «выращиваются» ими в ходе практической деятельности, по мере того, как развивается предприятие.

Главными стратегическими задачами ИА при этом являются раннее выявление противоречий в деятельности предприятия и их разрешение. Для этого агенты могут предлагать варианты действий типа: Изменить рацион кормления? Сделать новый расчет процентов по кредиту? Ускорить достижение договоренностей о поставках газа? Договориться об изменении оптовой цены продажи? Начать закупки племенного яйца немедленно?

Типология возникающих противоречий, вытекающих из понятия «системы деятельности», исходно задается в системе и далее постоянно пополняется.

Виртуальный круглый стол для согласования решений. Разработанная модель деятельности агропредприятий в дальнейшем может стать основой для моделирования процесса переговоров и согласования принимаемых решений между ними при заключении обычных партнерских договоров о совместной деятельности, договоров в рамках агроконцерна, финансово-промышленной группы и т.д. При этом в центре переговоров оказывается общий мир действий предприятий, населенный агентами менеджеров и специалистов. Реальные менеджеры и специалисты могут возложить на своих агентов миссию разрешения и согласования возникающих проблем.

В этих целях в разрабатываемой системе создается виртуальный «круглый стол», реализуемый через корпоративную локальную или глобальную сеть. Аналогично тому, как взаимодействуют реальные специалисты за «круглым столом» при решении сложных проблем, могут взаимодействовать и их агенты. При этом на время решения очередной сложной проблемы в рассматриваемых предприятиях как бы организуется новое виртуальное структурное подразделение, объединяющее специалистов-менеджеров по различным направлениям. Тогда всю совместную деятельность рассматриваемых предприятий в каждый момент времени можно представить конфигурацией виртуальных «круглых столов» (междисциплинарных рабочих групп), относительно постоянно действующих или создаваемых на самое короткое время.

Процедура согласования и принятия решений может быть организована следующим способом. Первоначально конфигурируются начальная сцена общей для всех агентов мира компании и задаются цели (задача), общие ресурсы и ограничения. Каждый из агентов считывает состояние сцены и запускает процесс восприятия, планирования действий и их исполнения (при этом загружаются и перезагружаются необходимые миры знаний и строится модель исходной сцены в этих мирах); первый из агентов, спланировавший свою деятельность, делает первый ход, предлагая первое действие из своего сценария.

Если действие удовлетворяет общим ограничениям и не вызывает противоречий с планами других агентов, оно считается предварительно принятым. Если нарушены общие ограничения, агент обязан поменять свои планы; если эти ограничения не нарушены, необходимо решить, кто будет вынужден изменять свои планы: первый агент или другие, сделавшие свои ходы ранее. Далее очередные агенты делают свои ходы, выполняя очередные действия из своих сценариев. Если какой-либо агент вынужден поменять свое решение на каком-либо ходу, делается «откат» всего процесса переговоров для этого этапа и весь процесс согласования начинается вновь и т.д.

Процесс согласования заканчивается, когда достигнута заданная цель. Если цель не достигнута, менеджеры обязаны самостоятельно дообучить или перенастроить своих агентов перед очередным сеансом переговоров.

ЗАДАЧИ ЛОГИСТИКИ. В СИСТЕМЕ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ЗАДАЧАХ ЛОГИСТИКИ ОСНОВНЫЕ АГЕНТЫ СВЯЗАНЫ С ЗАКАЗАМИ, ИМЕЮЩИМИСЯ РЕСУРСАМИ И ГОТОВЫМИ ИЗДЕЛИЯМИ. КРОМЕ ТОГО, ИМЕЮТСЯ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ АГЕНТЫ КОНВЕЙЕРА, СКЛАДА, ПРОИЗВОДСТВ, ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И Т.Д.

Каждый заказ находит нужные себе части на складах или заказывает эти части на производстве. При этом заказ вступает в переговоры как по цене, так и срокам поставки деталей. Если обеспечить выполнение заказа на имеющихся возможностях не удастся, агент заказа вступает в переговоры на основе метода компенсаций и добивается перебронирования имеющихся деталей, разделяя свою прибыль с другими заказами и частями. Если и этот вариант не проходит, осуществляется выход на заказ с меньшей прибылью с целью инициации переговоров с клиентом с предложением разрешить продлить сроки поставки в ответ на компенсацию по цене поставляемого ему изделия.

При этом система постоянно самостоятельно реорганизует производственные планы всех участников взаимодействия, включая реальных пользователей (в сторону улучшения), и стоимость готового изделия определяется индивидуальными стоимостями его компонент, определенными в результате установления некоторого баланса спроса и предложения на момент поступления заказа. При этом все

«большие агенты» организованы как самостоятельные «профит-центры». Например, агент склада наблюдает за тем, какие детали пользуются наибольшей популярностью на рынке, и делает их предварительный заказ, оплачивая его из получаемой от деталей оплаты за хранение. Это позволяет ему постоянно привлекать заказы, которые приносят складу дополнительную прибыль. Если же возникает устойчивая ситуация, когда склада не хватает или его помещения наоборот пустуют, агент выходит с предложением к агенту фабрики об изменении размеров его помещений. Таким образом, фабрика постоянно «дышит» и эволюционирует, подстраиваясь всеми своими компонентами к ситуации на рынке и поступающим заказам.

Наконец, для исследования надежности построенной производственной сети пользователь непосредственно в ходе моделирования может уничтожить или создать новую фабрику или склад, что не приводит к катастрофическим последствиям, а вносит лишь некоторую дополнительную задержку в работе системы.

В СИСТЕМЕ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ПРЕДПРИЯТИЯ ПОМИМО «БОЛЬШИХ» АГЕНТОВ СОТРУДНИКОВ, ЗАКАЗОВ, РЕСУРСОВ И ПРОДУКТОВ, ИМЕЮТСЯ АГЕНТЫ ПОМЕЩЕНИЙ, ЗНАНИЙ, РАБОТ, ФИНАНСОВ, МАТЕРИАЛОВ И РЯД ДРУГИХ. ВСЕ ЭТИ МАЛЫЕ АГЕНТЫ ПРИНИМАЮТ АКТИВНОЕ УЧАСТИЕ В ПЕРЕГОВОРАХ ПО ПЛАНИРОВАНИЮ И ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТ И ЗАБОТЯТСЯ О СОХРАННОСТИ ИЛИ РАЗВИТИИ СВОЕГО ТИПА РЕСУРСА. НАПРИМЕР, АГЕНТ КОМПЬЮТЕРА ИЩЕТ БЛИЖАЙШЕЕ «ОКНО» В РАБОТАХ СВОЕГО ХОЗЯИНА И ПЛАНИРУЕТ РАБОТЫ ПО СОХРАНЕНИЮ СОДЕРЖИМОГО ДИСКА ИЛИ ЕГО ЗАМЕНЕ ПО ИСТЕЧЕНИЮ СРОКА СЛУЖБЫ. ДРУГОЙ ПРИМЕР, БОЛЕЕ ХАРАКТЕРНЫЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ, МОЖЕТ БЫТЬ СВЯЗАН С АГЕНТОМ ЗНАНИЙ. ЕСЛИ ТАКОЙ АГЕНТ ОБНАРУЖИВАЕТ, ЧТО ЕГО ХОЗЯИН НЕ СМОГ В ОЧЕРЕДНОЙ РАЗ ПОЛУЧИТЬ РАБОТУ ПО НОВОМУ ПРОЕКТУ ПО ПРИЧИНЕ ОТСУТСТВИЯ НЕОБХОДИМЫХ УМЕНИЙ В РАБОТЕ С НЕКОТОРЫМ ПАКЕТОМ ПРОГРАММ, ОН НАХОДИТ ПЕРВОЕ СВОБОДНОЕ «ОКНО» В ЕГО РАСПИСАНИИ И ПЛАНИРУЕТ РАБОТУ ПО ОСВОЕНИЮ ЭТИХ ЗНАНИЙ С ЦЕЛЮ ПОДНЯТЬ ЕГО КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ НА ВНУТРЕННЕМ РЫНКЕ ПРЕДПРИЯТИЯ. ТАКИМ ОБРАЗОМ, РАССМОТРЕННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЗАСТАВЛЯЕТ КАЖДОГО СОТРУДНИКА ЭВОЛЮЦИОНИРОВАТЬ В РЕАЛЬНОСТИ И, КАК СЛЕДСТВИЕ, ЭВОЛЮЦИОНИРУЕТ И ВСЕ ПРЕДПРИЯТИЕ В ЦЕЛОМ.

Интернет-коммерция. В системе для решения задач e-коммерции имеются две подсистемы: торговли и управления диалогом. В торговой подсистеме могут иметься агенты товаров и заказов, а также агенты продавцов и покупателей, склада, поставщиков и т.д. Агенты товаров и заказов ведут переговоры со стратегиями скидок постоянным покупателям, скидок за оптовую покупку, скидок по состоянию конкурентов, скидок по затовариванию склада и др. При этом несколько агентов покупателей (потенциальных конкурентов) могут объединить свои заказы для получения большей скидки, т.е. перейти от конкуренции к кооперации. Аналогичная ситуация возможна при кросс-продаже, когда несколько товаров объединяются для удовлетворения одного покупателя. Получая комиссию от продажи товара, агенты накапливают деньги и могут предлагать все большие скидки покупателям, адаптируя свои бизнес-правила к ситуации на рынке.

В подсистеме же управления диалога производится генерация HTML-страниц «на лету» для выдачи результатов переговоров агентов. При этом каждая часть HTML-страницы, включая картинку дня, текст новости или рекламный баннер, также имеет своего агента, получающего комиссию от продажи. Если на вход приходит покупатель, который обычно покупает некоторый продукт, то баннер этого продукта предлагает всем другим баннерам временно покинуть экран за процентную компенсацию от возможной продажи. В свою очередь другие баннеры также вступают в процесс переговоров с агентом покупателя и, если вероятность продажи их товаров меньше, они покидают экран и баннер первого товара выводит красочные рекламные фотографии своего продукта на весь экран, информацию о различных видах своего товара, предложения о скидках постоянному покупателю и т.д. Если покупатель соглашается и товар покупается, то прибыль разделяется с другими баннерами, если сделка не состоялась – он платит штрафные санкции и в следующий раз он не будет иметь деньги для подобного предложения или «соседи» уже вряд ли так легко покинут страницу или дадут ему завладеть страницей целиком. При этом баннеры плохо продаваемых товаров постепенно теряют свои деньги, перестают активно бороться за выгодные предложения, проигрывают конкуренцию и постепенно совсем «уходят» из системы, обеспечивая ее постепенную эволюцию к поддержке и продаже наиболее выгодных товаров. Здесь пользова-

тель также в ходе работы системы «на лету» может ввести новый товар, который сможет начать коммуницировать с уже существующими без их какой-либо переделки.

Информационные технологии и стратегии взаимодействия компании с регионами. В условиях развития российской экономики крупные компании все интенсивнее осваивают региональные рынки. Для обеспечения эффективной реализации бизнес-миссии в регионе необходимо четко определить стратегические направления деятельности компании, детерминировать множество инструментария, которое следует использовать для взаимодействия с властью, научно-образовательным и производственно-техническим комплексом и инфраструктурой региона. В настоящее время для высшего менеджмента компания – это «неопределенность в квадрате», так как кроме проблемы выбора стратегии, должен быть решен вопрос ее обоснования и реализации.

Для точного позиционирования стратегии взаимодействия с регионом компания должна определить «местоположение своих интересов» и выбрать ключевые механизмы для трансформации существующей стратегии в более эффективную.

Можно выделить три базовых (и весьма неравновесных) класса информационных систем, способных в той или иной мере охватить указанные задачи.

1 Корпоративные информационные системы (КИС) компаний SAP, Oracle, PeopleSoft, JD Edwards и Ваап, а точнее их Smart-блоки, уникальные для каждой корпорации и, как правило, детально не раскрываемые. Именно они зачастую содержат «ноу-хау», обеспечивающие стратегическое конкурентное преимущество компании на рынке. Эти системы благодаря уже накопленным значительным массивам данных и интеллектуальным алгоритмам, позволяют смоделировать ситуацию и определить, какие стратегические решения оправдали себя при вхождении компании в регион, какие методы и проекты оказались действенными при тех или иных условиях, а также какую стратегию в зависимости от окружающих условий необходимо применить при вхождении в новый регион.

2 Специализированные системы стратегического планирования, предназначенные для поддержки эффективной реализации отраслевых и корпоративных программ в регионе. Примером систем подобного класса может служить «Экспертная система ГЕОГРАКОМ 5W», позволяющая определить потребности и уровень обеспеченности транспортной сетью, а также оказать поддержку в принятии решений по дорожным программам и налоговой политике в регионе.

3 Настольные системы поддержки маркетинга и стратегического менеджмента – Marketing Expert, «Касатка» и др. Эти системы используют классические методы стратегического менеджмента – «Сегментный анализ доходности и прибыльности», «SWOT-анализ», «Portfolio-анализ», «GAP-анализ», «Стратегический анализ Ансоффа».

Применение систем, относимых к классу 1, ограничено по разным причинам: широкомасштабное применение ERP-систем в России начато относительно недавно; накопленные массивы информации зачастую недостаточны или неполны для решения поставленной задачи; необходимость создания Smart-блоков только начинает осознаваться высшим управленческим звеном. Следует заметить, что процесс разработки и применения этих систем является сложным, наукоемким и требует значительных временных затрат.

Решиться на разработку отдельной специализированной системы (класс 2) – весьма рискованный шаг в современных быстроизменяющихся условиях, поскольку процесс этот труден, длителен, требует привлечения квалифицированной команды ученых и программистов; неразрешенными при этом подходе остаются вопросы формирования первоначальной базы данных.

Настольные системы поддержки маркетинга и стратегического менеджмента (класс 3) в настоящее время довольно ограничены по своим возможностям. Их целесообразнее использовать для отработки навыков применения классических методов стратегического менеджмента, чем в реальной деятельности менеджеров высшего звена, особенно при решении проблемы выбора стратегии взаимодействия компании с регионом.

Распределения средств городского бюджета. Одним из важных моментов в построении эффективной системы управления городским хозяйством является решение задачи оптимального распределения бюджетных средств в условиях их реального дефицита. Один из возможных подходов к обоснованию количественных значений финансовых средств, направляемых во все секторы экономики города, состоит в учете их функциональной классификации. Данный подход основан, во-первых, на предположении о неизбежности в нынешних экономических условиях привлечения заемных средств для финансирования городского хозяйства и, во-вторых, на стремлении уменьшить влияние на процесс распределения бюджетных средств отдельных субъективных факторов (протекционизма).

Не менее важен и контроль за расходованием бюджетных средств. В этих целях в алгоритме подхода предлагается использовать полученные на первом этапе оптимальные значения предполагаемых расходов с тем, чтобы определять, какой уровень доходов необходимо достичь по соответствующим статьям. В случае расхождения рассчитанных значений с фактическими делается вывод о нерациональном расходовании средств.

В целом, исследуемая проблема заключается в таком распределении финансовых средств, которое бы обеспечило нормальное функционирование всего городского многосекторного хозяйства. Другой постановки задачи не существует, а вот ее решение может быть различным. Чаще всего она решается исходя из необходимости удовлетворения минимальных потребностей того или иного сектора, а увеличение размеров финансирования (относительно минимального уровня) объясняется активностью лиц, заинтересованных в этом. Но могут быть использованы и другие подходы, в том числе тот, который рассматривается ниже.

Первый этап построения модели включает принятие решения о распределении предполагаемой суммы расходов C_0 по всем направлениям (всего выделяют 13):

- государственное управление и местное самоуправление;
- правоохранительная деятельность и обеспечение безопасности государства;
- промышленность, энергетика и строительная индустрия;
- транспорт, дорожное хозяйство, связь и информатика;
- жилищно-коммунальное хозяйство;
- образование;
- здравоохранение и культура и т.д.

При этом суммы средств $C_{10}, C_{20}, C_{30}, \dots, C_{130}$, менее которых финансирование не должно быть ни при каких обстоятельствах, считаются известными величинами. Эти величины берутся либо, исходя из опыта предыдущих лет (например, несколько выше прошлогоднего уровня), либо – если подходить к этому вопросу более взвешенно – на основе результатов решения задачи моделирования расходов того или иного сектора городского хозяйства как задачи оптимизации системы нормативов расходования материальных средств. В случае нехватки бюджетных средств берутся займы в виде кредитов. Причем как сами кредиты, так и процентные платежи по ним должны погашаться поступающими в бюджет города деньгами.

Поскольку вся сумма C_0 предполагаемых расходов может быть получена только к концу года, а для жизни города необходимо постоянное финансирование, то задача распределения средств должна решаться несколько раз в году, по мере поступления доходов в городскую казну. В связи с этим для решения проблемы требуется не единичное решение как одномоментный акт, а последовательность решений (как результат процесса, развивающегося во времени). Таким образом, предлагаемый алгоритм предполагает разработку динамической модели распределения средств с привлечением кредитов. Экономико-математическая модель такой задачи имеет вид:

$$\begin{cases} I(t) \rightarrow \min; \\ C_1(t) + C_2(t) + \dots + C_{13}(t) \leq C_0(t) + I(t); \\ C_0(t_1) + C_0(t_2) + \dots + C_0(t_n) = C_0; \\ C_1(t_1) + C_1(t_2) + \dots + C_1(t_n) \geq C_{10}; \\ C_2(t_1) + C_2(t_2) + \dots + C_2(t_n) \geq C_{20}; \\ \vdots \\ C_{13}(t_1) + C_{13}(t_2) + \dots + C_{13}(t_n) \geq C_{130}, \end{cases} \quad (1)$$

где t_1, t_2, \dots, t_n – моменты распределения поступивших на счет финансового управления мэрии денежных средств.

Данная задача может быть отнесена к классу задач стохастического программирования. Для ее корректного решения необходимо знание $C_1(t), C_2(t), \dots, C_{13}(t), I(t)$ как функций времени. Однако специфика

задачи заключается в том, что нас интересуют значения этих функций не на всей числовой оси t , а только в конкретные моменты времени t_1, t_2, \dots, t_n . Поэтому решение задачи (1) предлагается осуществить следующим образом: для каждого момента времени t_1, t_2, \dots, t_n составляются детерминированные модели вида:

$$\begin{cases} I(t) \rightarrow \min; \\ C_1(t_i) + C_2(t_i) + \dots + C_{13}(t_i) \leq C_0(t_i) + I(t_i); \\ 0 < C_1(t_i) < C_{10}; \quad 0 < C_2(t_i) < C_{20}, \quad \dots, \quad 0 < C_{13}(t_i) < C_{130}, \quad i = \overline{1, n}. \end{cases} \quad (1')$$

Эти задачи относятся к классу задач линейного программирования и могут быть достаточно просто решены на ПК. В случае удовлетворения ограничений основной задачи (1) результатом их решения будут те самые суммы средств, которые должны быть направлены на развитие соответствующих секторов городского хозяйства $C_1^*, C_2^*, \dots, C_{13}^*$ (рис. 1).

Модель (1) проста и понятна, однако в ней не учтено, что городское хозяйство представляет собой единую экономическую систему со множеством обратных (как положительных, так и отрицательных) связей, отражающих действие механизма взаимоотношения секторов [1 – 3]. Это взаимодействие может быть описано с помощью математического аппарата корреляционного анализа статистических данных о распределении бюджетных средств (например, за прошедшие несколько лет) в виде матрицы $K = (k_{ij}), i = 1, 2, \dots, 13; j = 1, 2, \dots, 13$.

Задача заключается в том, чтобы выявить и, по возможности, усилить влияние тех секторов, которые положительно коррелируют с другими секторами (т.е. увеличение вложений в эти направления приводит к улучшению состояния в других), и, наоборот, уменьшить влияние тех секторов, улучшение состояния которых не благоприятствует улучшению других. Состояние же того или иного сектора будем отождествлять с вектором значений тех его показателей эффективности, по которым судят о положении дел на рассматриваемом направлении. Для каждого из 13 секторов это свои, характерные только для них показатели.

В описываемом алгоритме информацию о механизме регуляции взаимоотношений секторов предполагается использовать следующим

образом. Важны не столько числовые значения коэффициентов корреляции, сколько их знак. Это позволяет обоснованно использовать так называемую порядковую информацию, сформировав ее на основе

полученных с помощью корреляционного анализа результатов в виде суждений: дополнительное вложение средств в i -й сектор целесообразнее, чем в сектор j .

Такую порядковую информацию можно формализовать в виде равенств и неравенств $R = \{r_i = r_j, r_m < r_s, r_1 > r_n, \dots\}$, термами которых являются весовые коэффициенты r_1, r_2, \dots, r_{13} . Если какой-то коэффициент корреляции положителен $k_{ij} > 0$, то это означает, что вложение средств в сектор j не только позволяет обеспечить его функционирование, но и оказывает положительное влияние на состояние дел в секторе i (сравнительный анализ векторов значений показателей эффективности за интересующий исследователя интервал времени дает возможность подтвердить это утверждение). Соответственно степень важности дополнительных вложений средств в сектор j выше, чем в сектор i , т.е. $r_j > r_i$.

Достоинства такого способа оценки приоритетности вложений средств заключаются, прежде всего, в отсутствии какой-либо субъективности. В качестве оценок весовых коэффициентов используем математическое ожидание $r'_i = Mr_i$ соответствующего случайного веса $r_i, i = 1, 2, \dots, 13$. Мерой точности этих оценок могут служить средние квадратические отклонения δ_i относительно r'_i .

Пусть на основе проведенного ранее анализа статистического материала за определенный интервал времени оказалось, что наиболее значимыми являются первый, второй и третий секторы при практически одинаковой их весомости. Остальные секторы в соответствии с этой же информацией о сравнительной значимости расположились следующим образом:

$$R = \{r_1 = r_2 = r_3 > r_5 = r_7 > r_4 > r_6 = r_8 > r_{10} > r_{13} = r_9 > r_{11} > r_{12} : r_1 + r_2 + r_3 + \dots + r_{13} = 1\},$$

т.е. вложения в пятый и седьмой секторы в одинаковой степени влияют на другие отрасли городской экономики, но это влияние менее весомо, чем влияние первого, второго и третьего секторов, и более весомо, чем влияние четвертого и т.д.

Оценки r_i будем получать программным путем, используя генератор случайных чисел и реализуя совместное равномерное распределение r_1, r_2, \dots, r_{13} в интервале $(0, 1)$. Неоднократный запуск специально для этого разработанной программы позволит найти искомые r'_i и $\delta_i, i = 1, 2, \dots, 13$.

Отметим, что к анализу взаимодействия секторов городского хозяйства помимо математико-статистического подхода можно применить и другой подход, значительно более простой, базирующийся на следующих предпосылках. Смысл всей этой процедуры заключается в поиске количественной оценки степени важности вложения средств в каждый из секторов. То, что они взаимосвязаны и что улучшение финансирования (относительно некоторого уровня) одного из них может положительно повлиять на состояние дел в каком-то другом – это факт известный. Результаты же корреляционного анализа позволяют подтвердить это на цифрах.

Если можно получить (от соответствующих подразделений мэрии) информацию о сравнительной значимости вложений в каждый из секторов городского хозяйства, то ее можно формализовать в виде системы неравенств и равенств вида $R = \{r_i = r_j, r_m < r_s, r_1 > r_n, \dots\}$ типа той, что приведена выше в качестве примера. Далее эта система реализуется по описанному уже сценарию.

В том случае, если кредиты бюджетом не предусмотрены, оптимизационная задача (1) неуместна и вся тяжесть решения задачи распределения средств городского бюджета ложится на обоснование сумм минимального финансирования $C_{10}, C_{20}, \dots, C_{130}$, которые, как уже указывалось, должны быть получены в результате решения задачи оптимизации системы нормативов расходования материальных средств, например, так, как это делается в работе [4]. Оставшаяся же часть от предполагаемой суммы расходов C_0 распределяется пропорционально «весу» каждого сектора, количественные оценки которых получаются в соответствии с реализацией вышеописанной процедуры.

Более реалистичен вариант, когда в бюджет заложена возможность заимствования (в случае необходимости) у коммерческих банков города. Это и отражено в основной экономико-математической модели задачи (1).

Стремление учесть в моделях (1) – (1') факт взаимоотношения секторов преобразует их к виду:

$$\begin{cases} I(t) \rightarrow \min; \\ \bar{r}_1 C_1(t) + \bar{r}_2 C_2(t) + \dots + \bar{r}_{13} C_{13}(t) \leq C_0(t) + I(t); \\ C_0(t_1) + C_0(t_2) + \dots + C_0(t_n) = C_0; \\ C_1(t_1) + C_1(t_2) + \dots + C_1(t_n) \geq C_{10}; \\ C_2(t_1) + C_2(t_2) + \dots + C_2(t_n) \geq C_{20}; \\ \vdots \\ C_{13}(t_1) + C_{13}(t_2) + \dots + C_{13}(t_n) \geq C_{130}; \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} I(t_i) \rightarrow \min; \\ \bar{r}_1 C_1(t_i) + \bar{r}_2 C_2(t_i) + \dots + \bar{r}_{13} C_{13}(t_i) \leq C_0(t_i) + I(t_i) \text{ для } \forall i = \overline{1, n}; \\ 0 < C_1(t_i) < C_{10}; \quad 0 < C_2(t_i) < C_{20}; \quad \dots, \quad 0 < C_{13}(t_i) < C_{130}. \end{cases} \quad (3)$$

Решение задач, аналогичных представленным на рис. 1, позволит найти оптимальные значения $C_1^*, C_2^*, \dots, C_{13}^*, I^*$.

Этот же подход предлагается использовать и при распределении средств внутри каждого направления. Так, при рассмотрении сектора «образование» происходит распределение средств по статьям: дошкольное образование, общее образование, среднее профессиональное образование, переподготовка и повышение квалификации, высшее образование, прочие расходы. В свою очередь, решение задачи распределения средств по указанным статьям предполагает построение их математических моделей и решение ряда задач, аналогичных (2) – (3). Например, сумма средств, выделенная на статью «дошкольное образование», распределяется на все учреждения, попадающие под эту статью (детские сады, ясли и пр.).

Что касается контроля за расходованием бюджетных средств, то это функция областной счетной палаты. Однако в разработке соответствующих алгоритмов и программ, безусловно, должны быть заинтересованы и городские власти (например, городская дума). Для них важно знать как количественные параметры предполагаемых расходов по всем направлениям, так и то, какой уровень доходов соответствует этим значениям.

В качестве доходных статей, как правило, рассматриваются подоходный налог, налог на имущество, налог с прибыли, налог с продаж и плата за аренду. На базе имеющегося статистического материала для всех расходных статей (государственное управление и местное самоуправление, образование, здравоохранение и физическая культура и др.) строятся многофакторные линейные регрессионные модели:

$$\begin{aligned} C_i &= C_i(pn, ni, np, nt, pa) = \\ &= a_0 + a_1 pn + a_2 ni + a_3 np + a_4 nt + a_5 pa, \end{aligned} \quad (4)$$

где $i = 1, 2, \dots, 13$; a_0, a_2, a_5 – const; pn – подоходный налог; ni – налог на имущество; np – налог с прибыли; nt – налог с продаж; pa – плата за аренду.

Эти зависимости могут быть построены либо в среде STATISTICA, либо с помощью пакета Poly-Analyst, принцип работы которого основан на технологии эволюционного программирования. При-

чем использование второго пакета позволяет найти как линейную, так и нелинейную зависимости расходной статьи от вышеуказанных доходных.

Далее происходит отбор из рассчитанных моделей (линейной и нелинейной – по каждой расходной статье) наиболее адекватной. В качестве параметров, определяющих качество модели, обычно принимаются коэффициент детерминации и F -критерий или коэффициент множественной корреляции.

Полученная зависимость позволит по поступившим на момент распределения доходов определить предполагаемый уровень расходов, который затем сравнивается с оптимальным, рассчитанным в результате решения задач (2) – (3). Результаты этого сравнения могут служить основанием для вывода о нерациональном расходовании средств. Таким образом, разработанную модель предполагается, по сути, использовать для краткосрочного прогнозирования анализируемой расходной статьи.

Что касается обратной задачи – определения по размерам предполагаемых расходов необходимого уровня доходных статей, то однозначного решения ее не существует. Однако, протабулировав найденную зависимость и получив ее табличное (графическое) представление, можно (с учетом конкретной ситуации с доходами в городе) с определенной степенью точности решить и эту задачу.

Подобная реализация функции контроля за предполагаемым расходованием средств бюджета имеет существенный недостаток – отсутствие в прогнозной модели фактора времени и, как следствие, невысокая точность. Использование систем динамического моделирования позволяет устранить этот недостаток. В частности, на базе уже полученных ранее линейной и нелинейной моделей в среде PowerSim можно построить динамическую модель, включающую в качестве аргументов не только доходные статьи, но и переменную, учитывающую временной лаг статистических данных. Такая модель, имея погрешность не большую, чем погрешность функциональной зависимости (4), позволяет со значительной долей достоверности имитировать реальные бюджетные процессы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Мескон М., Альберт М., Хедоури Ф. Основы менеджмента. М.: Дело, 1999.
- 2 Диггер Х. Планирование и контроль: концепция контроллинга. М.: Финансы и статистика, 1997.
- 3 Бугроменко В. Н. Национальная транспортная модель: суть, подходы, перспективы // Бюллетень транспортной информации. 1999. № 4.
- 4 Ансофф И. Новая корпоративная стратегия. СПб.: Питер, 1999.
- 5 Ансофф И. Стратегическое управление. М.: Экономика, 1989.
- 6 Болч Ю.Б., Хуань Дж.К. Многомерные статистические методы для экономики: Пер. с англ. М.: Статистика, 1979.
- 7 Плюта В. Сравнительный многомерный анализ в эконометрическом моделировании / Пер. с пол. В.В. Иванова. М.: Финансы и статистика, 1989.
- 8 Иборла К. Факторный анализ: Пер. с нем. М.: Статистика, 1980.
- 9 Форрестер Дж. Динамика развития города. М.: Прогресс, 1974. 384 с.
- 10 Андреев И.А., Красивский А.В., Сычева М.А., Чернов В.Г. Моделирование расходной части областного бюджета с использованием средств динамического имитационного моделирования // Системный анализ в проектировании и управлении: Тр. конф. СПб.: СПбГТУ, 2000. С. 39 – 41.
- 11 Бахтадзе Н.Н., Лотоцкий В.А., Максимов Е.М., Никулина И.В., Яралов А.А. Информационно-статистический подход к организации маркетинга // Экономика и математические методы. 1996. № 4.
- 12 Федоров Ю.В. Моделирование процесса распределения средств городского бюджета // Информационные технологии. 2001. № 9.
- 13 Ротарь В.Г., Шумский А.А., Шелупанов А.А. Информационные технологии и стратегии взаимодействия компании с регионами // Информационные технологии. 2001. № 5.
- 14 Хрусталева М.М., Пустовит Б.И., Зотов В.Е., Дроздов В.А. Монопродуктовая стационарная система математических моделей для описания функционирования отрасли // Информационные технологии. 2000. № 4.
- 15 Масенков В.В. Современные информационно-аналитические системы // www.5ballov.ru/publication/works/01-1.html.
- 16 Скобелев П.О. Мультиагентный подход к построению интеллектуальной системы согласованного управления агропредприятиями // www.kg.ru/Publish/ma.stm.

17 Скобелев П.О. Виртуальные миры и интеллектуальные агенты для моделирования деятельности компаний // www.kg.ru/Publish/vm.stm.

18 Данилин А.В. Подход к внедрению интегрированных систем управления на российских предприятиях // <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2000/031.pdf>.

19 Захарушкин В.Ф. Особенности создания информационного обеспечения корпорации // <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2003/062.pdf>.

2.4 Разработка систем поддержки принятия решений для обоснования общегосударственных программ в областях: социальной, финансовой, экологической политики

Мониторинг социально-экономической сферы регионов. Одной из проблем, приобретающей в настоящее время все большую актуальность как за рубежом, так и в нашей стране, является создание автоматизированных систем поддержки удаленного доступа к публичным архивам данных мониторинга социальной и экономической сферы и экологической обстановки регионов. Целью создания таких систем должно быть предоставление по запросу соответствующей информации любому жителю конкретного региона или государства в удобной для неподготовленного пользователя форме.

Одним из наиболее очевидных подходов к решению этой задачи является создание геоинформационных систем в Интернет (ИГИС). Такие информационные системы должны давать возможность каждому пользователю, имеющему доступ в Интернет, осуществлять большой спектр запросов к данным мониторинга и представлять результаты запросов в виде тематических карт, графиков и таблиц.

Обобщая требования к автоматизированной системе поддержки работы с публичным архивом мониторинговой информации о регионе, можно выделить следующие положения:

- система должна быть доступна большой аудитории территориально распределенных пользователей, обладающих различным уровнем компьютерной грамотности;
- большие объемы, высокая частота обновления и высокая стоимость информации исключают непосредственную передачу всех данных заинтересованным сторонам;
- географическая привязка информации имеет очень большое значение;
- основной объем хранимой информации будет составлять историческая информация, т.е. такая информация, которая с течением времени регулярно дополняется и никогда не подвергается изменениям.

Перечисленные положения подтверждают вывод о том, что наиболее естественным путем для реализации подобной системы будет ИГИС. Действительно, единственной технологией, которая на сегодня может обеспечить удаленный доступ к архиву в режиме реального времени, является технология Интернет. Вместе с тем, ГИС-технология отличается большой наглядностью представления результатов, что и требуется при ориентации системы на широкую аудиторию пользователей. Обобщенная схема ИГИС приведена на рис. 1.

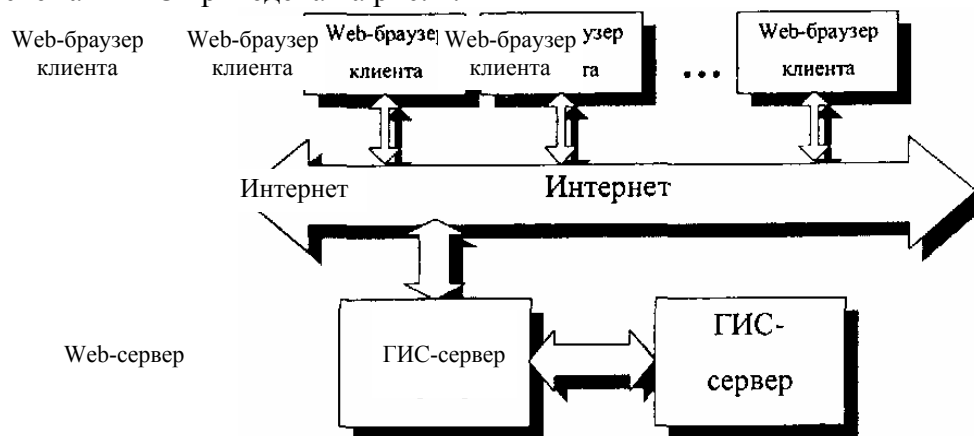


Рис. 1 Укрупненная схема Интернет-ГИС

Как можно заметить, основными элементами Интернет-ГИС являются: Web-браузер, с помощью которого пользователь взаимодействует с системой; Web-сервер, действующий в качестве шлюза между средой Интернет и ГИС-сервером; собственно ГИС-сервер, в котором сосредоточена обработка географической информации.

Единственное, что следует отметить дополнительно, это ориентацию на исторические данные. В этом случае представляется весьма перспективной задача интеграции технологий ГИС, Интернет и технологии оперативного анализа данных (ОАД или OLAP в англоязычной литературе).

Первые упоминания о попытках создания ИГИС относятся к 1994 г. [1]. В начале развития данного направления это были исследовательские проекты, однако со временем созданием ИГИС занялись коммерческие фирмы.

На данный момент на рынке программного обеспечения имеется ряд систем, ориентированных на создание ИГИС. Среди них можно отметить такие системы, как ArcIMS фирмы ESRI, GeoMedia Web Map фирмы Inlergraph, MapXstream фирмы MapInfo и т.д. [2].

Одной из важных особенностей Web-приложений в целом и ИГИС в частности, является короткий жизненный цикл [3]. Это означает, что такие системы живут очень недолго и поэтому должны создаваться очень быстро и с малыми затратами. По этой причине все коммерческие ИГИС представляют собой либо инструментальные системы, содержащие набор базовых компонентов, которые объединяются при создании конкретных систем в нужную конфигурацию разработчиком, либо представляют практически законченные специализированные системы, ориентированные на очень узкую область применения, например, поиск филиалов фирм, поиск адресов, поиск путей движения к требуемому объекту и др. [4]. Таким образом, готового решения, аналогичного настольным ГИС, удовлетворяющего при работе широкому кругу конечных пользователей, не существует. Это указывает на актуальность создания системы для работы с архивами мониторинговой информации о регионе на основе ИГИС.

На сегодняшний день существуют два основных подхода, в рамках которых ведется создание ИГИС [2]. Это системы с «тонким» и «толстым» клиентом. Различие между этими подходами заключается в том, выполнение каких функций возлагается на клиентское приложение.

В случае «тонкого» клиента таковыми являются функции поддержки пользовательского интерфейса.

Клиентское приложение, в данном случае Web-браузер, принимает пользовательский ввод, формирует и передает запросы ГИС-серверу, занимается отображением результатов запросов, представленных, как правило, в виде HTML и растровых изображений. Браузер не выполняет каких-либо функций, присущих ГИС. Данный подход предъявляет минимальные требования к компьютеру клиента и позволяет получить максимально широкую аудиторию пользователей. Однако в силу ограничений языка HTML Web-приложения, построенные по принципу «тонкого» клиента, имеют ограниченный пользовательский интерфейс.

Использование «толстого» клиента для создания ИГИС позволяет перенести на Web-браузер выполнение некоторых вспомогательных функций и части функций геоинформационных систем. Как правило, «толстый» клиент выполняет отображение географической информации, ее обработку и кэширование, а ГИС-сервер служит в качестве источника данных. Для создания «толстых» клиентов используется возможность большинства Web-браузеров выполнять Java-апплеты или встраивать модули расширения Plug-In или ActiveX. ИГИС, использующие «толстого» клиента, имеют развитый интерфейс пользователя и широкий набор функций, а также меньшее время отклика, достигаемое за счет кэширования данных. Основными недостатками Web-приложений на основе «толстого» клиента являются более высокие требования к компьютеру клиента, отсутствие переносимости (Plug-In, ActiveX), необходимость предварительной установки (Plug-In). Результатом этого является ограниченная аудитория потенциальных пользователей такого рода систем.

Структурная схема системы приведена на рис. 2. Основными компонентами системы являются: Web-браузер, Web-сервер, ГИС-сервер и Подсистема хранения и оперирования данными.

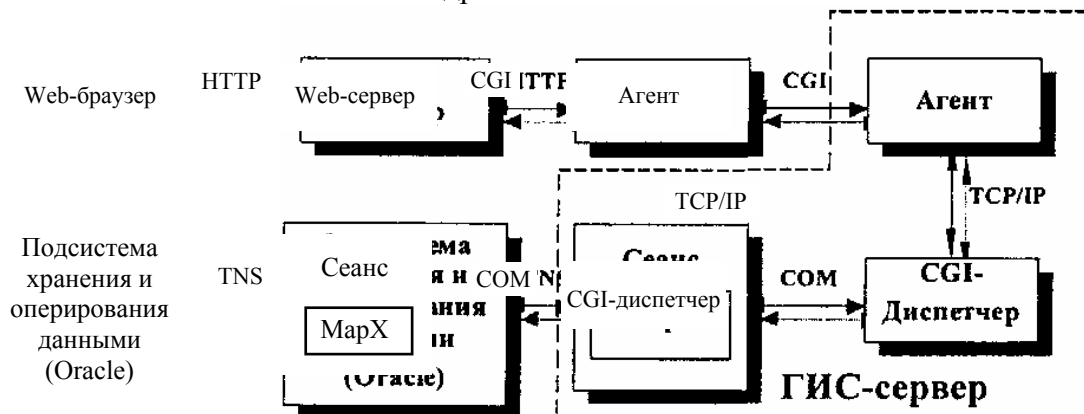


Рис. 2 Структура системы

Web-браузер. В роли данного компонента может выступать любой современный Web-браузер. Примером таких браузеров являются Netscape Navigator и Internet Explorer. Web-браузер является «тонким» клиентом, задачи которого состоят в отображении элементов пользовательского интерфейса и взаимодействии с пользователем.

Пользовательский интерфейс системы реализован с помощью языков HTML и JavaScript и не требует установки модулей Plug-In или ActiveX. Данное решение делает систему более доступной для широкой аудитории пользователей.

Web-сервер. В системе может быть использован любой Web-сервер, поддерживающий протокол CGI. На данный момент Web-сервер должен функционировать на программной платформе Win32, хотя существует возможность перехода на другие программные платформы.

Web-сервер выступает в качестве «точки входа» в систему и Интернет. Он выполняет две функции:

- предоставляет доступ к статическим и редко меняющимся HTML-файлам и файлам данных, используемым при формировании пользовательского интерфейса;
- служит в качестве среды исполнения для агента – CGI-скрипта, через который происходит взаимодействие с ГИС-сервером.

ГИС-сервер является одной из наиболее важных частей системы. Рассмотрим более подробно его составные части.

Компонент системы «Агент» играет роль посредника между Web-сервером и ядром ГИС-сервера. Агент реализован как CGI-скрипт, что позволяет ему взаимодействовать практически с любым современным Web-сервером. Его функции заключаются в передаче запроса от Web-сервера к ГИС-серверу и передаче результатов обработки запроса в обратном направлении.

Использование агента позволяет достичь следующих целей. Во-первых, это дает возможность преодолеть такой недостаток протокола CGI, как высокие требования к аппаратным ресурсам сервера по сравнению с аналогичными протоколами (ISAPI, NSAPI и др.). Простота функций, выполняемых агентом, позволяет сделать его компактным и тем самым снизить требования к ресурсам сервера. Во-вторых, данное решение позволяет разместить Web-сервер и ГИС-сервер на различных компьютерах, что делает систему более масштабируемой, т.е. способной к наращиванию производительности в случае необходимости. Кроме того, возможен такой режим работы, когда ГИС-сервер используется в качестве ресурса несколькими Web-серверами.

CGI-диспетчер совместно с агентом представляет собой каркас, на котором строится вся система. Он выполняет следующие функции:

- создание сеансов при подключении новых пользователей и контроль максимального числа сеансов;
- диспетчеризацию запросов от пользователей к соответствующим сеансам;
- уничтожение «старых» сеансов.

Каждый сеанс, созданный диспетчером, представляет собой СОМ-объект в отдельном процессе. Такое решение позволяет повысить надежность системы, которая является одним из основных требований к серверным приложениям. Дело в том, что ошибки с большей вероятностью появляются в наиболее сложной части любой системы, каковой в данном случае является сеанс. Таким образом, при выполнении всех сеансов в одном процессе возникновение ошибки могло бы привести к нарушению работы всей системы. Вынос сеанса в отдельный процесс позволяет изолировать его от остальных частей системы и, в случае программных сбоев, безопасно удалять сеанс и освободить используемые им ресурсы.

Сеанс представляет собой основной компонент системы. Сеанс отвечает за выполнение следующих функций:

- динамическая генерация HTML-документов, формирующих пользовательский интерфейс системы;
- разбор и обработка входящих от пользователя запросов;
- формирование и растеризация географических и тематических карт;
- взаимодействие с подсистемой хранения и оперирования данными для получения данных, используемых при построении тематических карт.

Для выполнения ГИС-функций в системе используется программная библиотека MapInfo MapX 4.0, работающая с географической информацией в формате ГИС MapInfo.

Подсистема хранения и оперирования данными предназначена для поддержания базы данных мониторинга. При разработке структуры базы данных учитывались следующие требования, предъявляемые к хранилищам данных:

- Поддержка исторических данных. Данные накапливаются за продолжительный период времени и никогда не удаляются.

- Поддержка больших объемов информации. При построении систем поддержки принятия решений большие объемы информации неизбежны, уже сегодня среднестатистические размеры баз данных составляют сотни гигабайт. В связи с этим встает вопрос об эффективных алгоритмах обработки таких объемов информации. Здесь выигрыш в производительности дает использование кластерных индексов и ручной оптимизации запросов на основе априорной информации о структуре объектов данных.

- Наличие метаданных. Одним из факторов успешной реализации хранилища данных является наличие средств высокоуровневого описания хранимых данных, дающих возможность пользователю осуществлять навигацию по хранимой информации, не учитывая физических аспектов организации базы данных.

Кроме того, в разработке структуры данных сделан упор на объектную ориентацию данных. Таким образом, с точки зрения пользователя системы данные представляют собой совокупность объектов, характеризующихся набором атрибутов, одним из которых является пространственное представление объекта.

Можно выделить следующие основные функции подсистемы:

- ввод данных мониторинга;
- хранение данных мониторинга;
- обработка запросов ГИС-сервера на получение данных;
- управление структурой данных.

Рассмотрим более подробно основные компоненты подсистемы хранения и оперирования данными.

СУБД является основой подсистемы хранения и оперирования данными. Все остальные компоненты реализованы средствами СУБД или выполняют для нее вспомогательные функции.

Под объектами данных подразумеваются таблицы, представления, синонимы, индексы, используемые для хранения и доступа к данным мониторинга региона.

Объектами метаданных являются таблицы, содержащие описание структуры объектов данных. Информация о структуре используется для организации единообразного доступа к объектам данных.

Интерфейс взаимодействия с ГИС-сервером представляет собой набор хранимых процедур СУБД, предоставляющий единый механизм выполнения запросов к подсистеме независимо от базового представления объектов данных.

Графический интерфейс ввода данных предназначен для загрузки информации в подсистему хранения и оперирования данными.

Графический интерфейс управления структурой данных используется для создания, редактирования и удаления объектов данных и объектов метаданных.

В системе реализован двухступенчатый алгоритм динамической генерации пользовательского интерфейса.

Первая фаза алгоритма выполняется компонентом системы Сеанс. На этом этапе «сырая» информация, описывающая состояние Сеанса, помещается в HTML-файл. Для этого в файл в нужное место вставляется макрос – предопределенное символьное имя, который в результате обработки заменяется Java Script-кодом, определяющим реальные данные. Далее полученный файл передается Web-браузеру клиента.

Вторая фаза алгоритма выполняется Web-браузером. Для этого используется способность современных Web-браузеров выполнять программы на языке JavaScript. JavaScript-программа на основе полученной на предыдущем шаге информации о состоянии Сеанса динамически генерирует HTML-код, формирующий пользовательский интерфейс системы.

Описанный выше подход имеет следующие преимущества. Во-первых, передача «сырых» данных позволяет уменьшить объем пересылаемой по сети информации, что особенно актуально для медленных российских каналов связи. Кроме того, Java Script-код, используемый для формирования пользовательского интерфейса, и часть редко изменяющихся данных оформлены в виде JavaScript-библиотек. Файлы такого рода кэшируются Web-браузером, т.е. сохраняются на жестком диске пользователя и перезагружаются из сети повторно только в случае их изменения на сервере, с которого они были изначально загружены. Это также снижает сетевой трафик и уменьшает время отклика пользовательского интерфейса.

Во-вторых, язык HTML в его нынешнем состоянии мало подходит для создания интерактивных пользовательских интерфейсов, а применение языка JavaScript на стороне клиента совместно с HTML

позволяет найти приемлемое решение этой проблемы, не прибегая к использованию модулей Plug-In и ActiveX и Java-апплетов.

С точки зрения конечного пользователя, система позволяет выполнять следующие группы функций: функции управления слоями карты, функции навигации по карте, функции создания запросов, функции работы с запросами, функции сохранения и восстановления запросов и функции работы с предопределенными запросами.

Группа управления слоями выполняет следующие функции:

- загрузка слоя – добавление в карту дополнительного слоя из заданного администратором набора доступных слоев;
- выгрузка слоя – удаление из карты слоя, не нужного для выполнения текущей задачи;
- включение подписей для слоя – с каждым объектом, расположенным на карте, может быть связан смысловой идентификатор, например название; данная функция позволяет отобразить на карте подобные идентификаторы (т.е. подписать объекты) для одного или нескольких загруженных в данный момент слоев;
- отключение подписей для слоя – отключает отображение идентификаторов (подписей) объектов для одного или нескольких слоев;
- изменение порядка слоев – позволяет произвольным образом изменить порядок отображения открытых слоев карты.

Группа навигационных функций включает следующие функции:

- изменение положения центра карты – задание нового центра карты с указанием нужной точки на основной или навигационной карте;
- изменение масштаба отображения карты – изменение произвольным образом масштаба отображения карты;
- показать слой целиком – изменение положения центра и масштаба карты таким образом, чтобы заданный слой оказался видим целиком в максимальном масштабе (т.е. минимальный описанный вокруг данного слоя прямоугольник оказывается равным области видимости карты).

Группа создания запросов включает следующие:

- задание названия запроса – задание осмысленного названия для создаваемого или редактируемого запроса;
- задание типа тематической карты – задание типа тематической карты, с помощью которой будут визуализироваться результаты выполнения запроса к базе данных; поддерживаются следующие типы тематических карт: столбцовые диаграммы, круговые диаграммы, цветовые диапазоны, метод плотности точек, метод размерных символов;
- задание списка географических объектов – формирование списка географических объектов, участвующих в запросе;
- задание списка числовых показателей – формирование списка числовых показателей, участвующих в запросе;
- задание временных ограничений – задание временных границ для выполнения запроса к базе данных;
- задание направления выборки данных – задание направления выборки данных из базы данных; возможные значения: по строкам (сравнение разных параметров), по столбцам (изучение динамики параметра за указанный период времени);
- задание функции агрегирования данных; возможные значения: суммирование, усреднение, минимальное значение, максимальное значение;
- задание палитры – задание цветовой палитры для некоторых типов тематических карт;
- задание числа диапазонов – задание числа диапазонов для некоторых типов тематических карт;
- выполнение запроса – выполнение запроса на основе сделанных установок;
- редактирование запроса – редактирование существующего запроса;
- копирование запроса – создание нового запроса на основе параметров существующего;
- удаление запроса – удаление созданного запроса.

Группа работы с запросами включает функции:

- отключение отображения запроса – отключение отображения одного или нескольких созданных запросов;
- включение отображения запроса – включение отображения одного или нескольких созданных запросов;

- показать запрос целиком – аналогична функции «показать слой целиком» с учетом того, что данная функция работает с запросом;
- показать табличные данные – позволяет анализировать табличные данные, полученные в результате выполнения запроса к базе данных;
- показать график – отображает результаты выполнения запроса к базе данных с помощью графика; поддерживается более 10 разновидностей графиков.

Функции группы сохранения и восстановления запросов позволяют сохранить результаты работы на диске компьютера пользователя и впоследствии восстановить их. В состав группы входят следующие функции:

- сохранение запроса – позволяет сохранить один или несколько запросов на диске компьютера пользователя;
- восстановление (загрузка) запроса – позволяет восстановить сохраненные ранее запросы.

Существует одна функция для работы с предопределенными запросами (предопределенные запросы – это определенный администратором системы набор запросов, доступный для всех пользователей):

- загрузить предопределенный запрос – позволяет загрузить предопределенный запрос; после загрузки предопределенный запрос ничем не отличается от остальных запросов и допускает редактирование и сохранение.

Создание этой системы позволяет любому человеку, имеющему доступ к Интернет, провести объективную оценку состояния различных сфер интересующего его региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Husc S. CjRASSLinks: A New Model for Spatial Information Access in Environmental Planning // <http://www.regis.berkeley.edu/sue/phd/chapter1.html>.
- 2 Марков Н.Г., Острась П.М. Интеграция геоинформационных систем и Internet-технологий // Информационные технологии. 1999. № 6.
- 3 Как разрабатывать приложения для Internet // Web-сервер издательства «Открытые системы»; <http://www.osp.ru/os/1999/05-06/18.htm>.
- 4 Four Software Products Feature Web-Mapping Functionality // ArcNews ESRI. 2000. Vol. 21. N 4. P. 7.
- 5 Багриновский К.А., Хрусталева Е.Ю. Методологические основы построения модельной информационно-аналитической системы планирования и реализации крупных социально-экономических проектов и программ // Экономика и математические методы. 1996. № 4.

2.5 РАЗРАБОТКА КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ И КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ В ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Новые информационные технологии для глобальной экономики. Глобализация мировой экономики, спровоцировавшая резкий рост потребления, стала возможной благодаря радикальному снижению издержек на взаимодействие в процессе производства товаров и услуг. Затраты на взаимодействие состоят из всего спектра издержек компании, связанных с поиском информации, координацией взаимодействия, обменом данными, а также контролем эффективности взаимодействия. Издержки на взаимодействие это все затраты предприятия, за исключением непосредственных расходов производителя в процессе преобразования сырья в конечный продукт.

Процессы, происходящие сегодня в мировой экономике, способствуют существенному снижению расходов на взаимодействие.

Самая очевидная причина снижения указанных затрат – всеобщая компьютеризация и освоение Интернета. Человечество переживает четвертую промышленную революцию, связанную с распространением информационных технологий и компьютеризацией почти всех сфер деятельности. Развитие средств связи оказало сильное влияние на скорость обмена информацией, которая резко сокращает транзакционные издержки.

В современном мире, где скорость происходящих изменений настолько высока, что разработка вместо существующих, путем реинжиниринга, каких-либо статичных форм и конструкций взаимодействия

не имеет смысла. Необходимо концентрироваться на разработке и утверждении в компании именно принципов этого взаимодействия, верно расставляя акценты лишь на определенных методиках современного менеджмента, при всем их многообразии.

Одной из таких методик является концентрация внимания на управлении знаниями компании. Накопленные знания компании вместе с ее способностью быстро и эффективно обучаться представляют собой самый важный актив компании.

Знания аккумулируются и формируют интеллектуальный капитал фирмы (иногда называют корпоративной или институциональной памятью), под которой понимается вся совокупность знаний, заключенных в формальных документах, опыте, способностях и знаниях сотрудников и имеющих критическое значение для развития и непосредственной деятельности организации. Интеллектуальный капитал в развитой экономике становится наиболее ценным, сильным, высокоэффективным и мобильным видом капитала.

Для эффективного использования интеллектуального капитала необходимо его постоянное приумножение, обновление, приобретение. При этом приобретение знания не означает его увеличение (чисто количественное), а, наоборот, представляет собой процесс обратный – сведение массива информации к строгой совокупности взаимосвязанных фактов и правил.

Информационное взаимодействие на предприятии должно способствовать накоплению и развитию знаний компании, создавать основу для эффективного обучения и адаптации к изменяющимся условиям. Для этого необходимо формирование соответствующей организационной культуры, а также системы организационных коммуникаций.

Организационная культура компании должна нести в себе убежденность сотрудников, что обмен и передача знаний порождают синергетический эффект как в целом для предприятия, так и для каждого сотрудника, при этом возникающий массив знаний системы значительно превышает суммарный, индивидуальный потенциал ее членов.

В управлении знаниями можно выделить две стратегии. В некоторых компаниях центральным элементом управления знаниями являются компьютеры. Знания тщательным образом кодируются и заносятся в базу данных, откуда они могут быть в любой момент получены и использованы любым сотрудником компании. Такой подход можно обозначить как стратегию кодификации.

В других компаниях знания тесно связаны с людьми – носителями этих знаний. Роль компьютеров в таких компаниях сводится к аппарату, помогающему людям осуществлять коммуникации друг с другом. Такую стратегическую линию можно назвать стратегией персонификации. Выбор той или иной стратегии зависит от рыночной стратегии компании, т.е. от того, как компания обслуживает своих клиентов, организует свою хозяйственную деятельность, а также организационной культуры предприятия и самих конкретных сотрудников фирмы.

Стратегия кодификации основывается на отработанной технологии выработки, идентификации, хранения и повторного использования знаний. Кодификация знаний осуществляется на основе подхода «люди к документам»: документ разрабатывается сотрудниками, затем отчуждается от сотрудников, а затем повторно используется другими сотрудниками. Объекты знаний тщательно описываются и структурируются в справочно-поисковых системах. Это позволяет искать и извлекать знания без обращения к тем людям, которые его создали. Таким образом, появляется возможность организовать свою деятельность на ранее выработанных решениях и подходах, повторное использование которых может существенно снизить стоимость услуг.

Стратегия кодификации требует серьезных вложений в информационную систему. Так в консалтинговой компании Ernst&Young существует Центр бизнес-знаний, в котором постоянно трудится около

50 человек. Кроме того, в каждом из 40 отраслевых направлений компании работает сотрудник, который занимается описанием, кодификацией и занесением знаний в базы данных, соединенные в единую компьютерную сеть в рамках корпоративной информационной системы.

Экономическая основа использования данной стратегии состоит в том, что клиенты фирм получают надежный высококачественный интеллектуальный продукт быстрее и по более низким ценам, чем у конкурентов. Это вовсе не означает, что существующие решения и другие объекты знаний используются автоматически. Большой труд следует приложить, чтобы правильно использовать имеющийся интеллектуальный капитал. Повторное использование объектов знаний позволяет фирме экономить на трудовых издержках, снижать стоимость коммуникаций, а также расширять свою деятельность – браться за большое количество проектов. Как правило, при успешной деятельности на основе стратегии кодифи-

кации значительно растет объем продаж фирмы, в среднем, у лидеров прирост объема продаж составляет 20 %.

Стратегия персонификации делает акцент в управлении знаниями на диалог между специалистами, а не на процессы упорядочения хранения, извлечения и использования объекта знаний. В данном случае упор делается на управление не явно выраженными знаниями. Знание не кодифицируется (и, наверное, не может быть кодифицируемо), но аккумулируется в мозгах сотрудников и передается путем мозговых атак и диалогов. Компании, использующие эту стратегию управления знаниями, вкладывают большие средства в создание сети специалистов.

Ключевым аспектом гуманитарных технологий в управлении организацией является система организационных коммуникаций, которая должна строиться на основе следующих приоритетов:

- 1) создание как можно большего количества коммуникационных каналов и возможностей для обмена мнениями между сотрудниками на всех уровнях компании;
- 2) массовое применение компьютерных и сетевых технологий с целью перевести основные и самые объемные информационные потоки в компьютер для обеспечения стандартизации первичного анализа информации.

Простое увеличение скорости обмена информацией в виде появления электронной почты произвело революцию в мировой коммуникации. Одно лишь создание дополнительных коммуникационных каналов способно придать импульс синергетическому эффекту от обмена знаниями индивидуумов.

В качестве примера средств для обмена неявным («скрытым») знанием может быть создание таких мест, как физических, так и виртуальных, где сотрудники могут пообщаться и чаще сталкиваются друг с другом. Создание виртуальных тематических площадок является эффективным средством для обмена информацией, при практически нулевых затратах на их организацию, несопоставимых с расходами на конференции и семинары. Чрезвычайно эффективными являются давно известные методы группового обучения и генерации решения, такие как «мозговой штурм» и «глубокое погружение» в проблему в изолированном пространстве.

Применение компьютерных и сетевых технологий в контексте системы информационного взаимодействия позволяет стандартизировать первичный анализ информации. Без предварительного анализа и стандартизации форматов данных невозможно справиться с лавинообразным ростом потока информации. Комплексным решением данной проблемы является создание корпоративной информационной системы, связывающей воедино базы данных и информационные потоки компьютерных систем компании. Применение такой системы позволяет не только снизить операционные издержки на выполнение рутинных процедур, но и решить проблемы координации деятельности сотрудников и подразделений, обеспечения их необходимой информацией и контроля исполнительской дисциплины. При этом руководство получает своевременный доступ к достоверным данным о ходе производственного процесса и имеет средства для оперативного принятия и воплощения в жизнь своих решений.

Мультиагентные системы для холонических предприятий.

В условиях глобализации экономики и усиления конкуренции становятся необходимы более мощные и гибкие интеллектуальные программные системы класса Business Intelligence, способные непрерывно приобретать новые знания и изменять свою структуру и функции, развиваясь и адаптируясь вместе с предприятием к решаемым задачам и условиям внешней среды. Один из путей решения этой задачи связывается с применением мультиагентных систем (МАС), получивших стремительное развитие в последнее десятилетие. Ключевым элементом этих систем становится программный агент, способный воспринимать ситуацию, принимать решения и взаимодействовать с другими агентами. Эти возможности радикально отличают МАС от существующих «жестко» организованных систем, обеспечивая им такое принципиально важное новое свойство, как способность к самоорганизации. При этом отдельные «части» программы впервые получают возможность договариваться о том, как должна решаться задача, эти «части» приобретают собственную активность и могут инициировать диалог с пользователем в заранее не предписанные моменты времени, работать в условиях неопределенности и т.д.

Однако, несмотря на столь значительный прогресс в этой области, появляющихся возможностей оказывается недостаточно для построения рассматриваемых систем. Проблема в том, что для создания действительно сложных МАС эти системы должны быть построены как открытые, что требует наличия не только более развитых механизмов самоорганизации, но и эволюции, осуществляющейся согласованно с развитием самого предприятия. Такие системы должны постоянно «жить» на сервере предприятия и непрерывно участвовать в решении задач, а не быть запускаемыми от случая к случаю. Для этого рассматриваемые системы должны позволять пользователю «на ходу» вводить новые знания и компоненты без какого-либо ее останова и перезапуска. Наконец, такие системы должны накапливать исто-

рию, извлекать из нее новые знания и в зависимости от этого изменять свое поведение с течением времени.

В последнее время в литературе появился целый спектр новых названий форм организации предприятий, к числу которых можно отнести так называемые «новые», «предприятия XXI века», «сетевые», «интеллектуальные», «виртуальные» и т.д. Однако все эти названия так или иначе отражают те или иные характерные свойства холонического предприятия, каждое из которых само по себе состоит из автономных предприятий (холонов), способных гибко и динамично взаимодействовать на внутреннем рынке предприятия по принципу «каждый с каждым» и «равный с равным».

Для функционирования холонической компании становятся необходимы совершенно новые программные системы, которые бы позволяли подразделениям устанавливать и развивать связи, накапливать и использовать знания, гибко и динамично адаптироваться к изменяющимся условиям среды и т.д.

В этой связи предлагается структура первой очереди ОМАС холонического предприятия (рис. 1), позволяющая автоматизировать основные «горячие» функции предприятий рассматриваемого класса. В качестве таких функций в первой очереди системы выделены: управление предприятием, е-коммерция и логистика, а также поддержка корпоративных новостей.

Система управления предприятием предназначена для организации работ, включая формирование групп специалистов по проектам и распределение оборудования под эти группы, планирования и перепланирования работ с учетом происходящих в компании событий, ведения финансов всех взаимодействующих сторон, координации и синхронизации работ, контроля исполнительской дисциплины и сроков работы по проектам. Однако помимо традиционных функций организации и оперативно-тактического управления система призвана обеспечивать стратегическое управление развитием предприятия, т.е. развитием основных видов его ресурсов (помещения, люди, знания, оборудование и т.д.). В этом плане система должна оценивать эффективность использования каждого из ресурсов и предлагать меры к повышению этой эффективности, включая сокращение объемов занимаемых площадей, повышение квалификации сотрудников, замена оборудования на более производительное и т.д.

Система е-коммерции предприятия предназначена для формирования заказов на новые разработки или продажи готовых изделий. При этом потенциальный потребитель имеет возможность описать свой заказ или выбрать заинтересовавшие его продукты «в корзину». Если покупается готовое изделие – система е-коммерции обеспечивает автоматические переговоры с покупателем на тему цены продукции, поскольку в подобных предприятиях фиксированных цен уже больше нет,



Рис. 1 Структура ОМАС холонического предприятия (первая очередь)

все зависит от ситуации: постоянный покупатель или нет, нужна ли срочная доставка или может подождать, оптовая покупка или нет, имеется ли затоваривание склада, много ли было продаж в предыдущем месяце и растет ли прибыль от продаж или падает и т.п. Очевидно, что для ответа на вопросы о доставке в дело вступает система логистики, которая рассчитывает, как успеть обеспечить поставку к нужному сроку и в заданное место. Если же вводится новый заказ – в дело сначала вступает система управления, которая путем переговоров на внутреннем рынке компании выполняет бронирование всех ресурсов (люди, компьютеры и т.д.), в результате чего определяется себестоимость заказа. После чего в системе логистики могут быть определены сроки доставки изделия заказчику. Когда вся эта информация имеется, система е-коммерции может начать переговоры с заказчиком о стоимости контракта также с учетом скидок постоянному покупателю и т.д. Кроме того, эта же система может быть использована для распределения подзаказов, которые компания может размещать на других предприятиях-субподрядчиках. В этом случае в системе могут организовываться открытые или закрытые торги аукционного типа и субподрядчики будут бороться за право обеспечить исполнение подзаказов с минимальной

ценой и в самые краткие сроки. Наконец, та же самая система е-коммерции может быть использована для достижения договоренностей с сотрудниками предприятия при организации работ по новому проекту.

Система логистики в первую очередь предназначена для решения задачи поставки потребителю продукции компании «just in time» (точно в срок). Для этого в данной системе описана карта и дороги (пути доставки), а также возможные транспортные ресурсы с их расписаниями (самолеты, поезда, корабли, грузовики, такси и т.д.). Система сама прокладывает маршрут доставки с учетом расписаний имеющихся транспортных средств и также выдает стоимость доставки.

Система поддержки корпоративных новостей предназначена не только для персонифицированного оперативного информирования покупателей продукции, заказчиков новых проектов, инвесторов, бизнес-партнеров и др., но и внутренней синхронизации работ между сотрудниками предприятия. В этом случае информация о размещении на корпоративном сервере некоторого файла (например, новой версии инструментальной системы для софтверной фирмы) может стать хорошей новостью для прикладных разработчиков или менеджеров по маркетингу предприятия.

Заметим, что все указанные системы оказываются связаны по принципу «каждый с каждым», причем довольно сложным образом, и не только система е-коммерции может вызывать систему управления и систему логистики, но и наоборот.

Организованные таким образом системы могут составить первую очередь системы business intelligence холонического предприятия, которая впоследствии может быть расширена системами прямого маркетинга, управления отношениями с клиентами, внутреннего аудита и безопасности и т.д.

Холистический подход к созданию МАС. В области исследований и разработок мультиагентных систем (МАС) все большее значение в последние годы придается вопросам проектирования виртуальных организаций агентов, которые определяются структурой и функцией агентов и могут характеризоваться решаемыми задачами, распределением ролей и властных полномочий, способами коммуникации и оценки (наказания – вознаграждения) и т.д.

В своем развитии организации агентов в МАС прошли длинный путь от централизации к распределенному управлению и полной децентрализации. В них управление происходит только за счет локальных взаимодействий между агентами. При этом узкая функциональная ориентация агента на решение какой-то одной отдельной части «общей» задачи постепенно стала уступать место универсальной «целостности» (автономности) вводимого искусственного «организма», который должен самостоятельно заботиться о своей жизнедеятельности и для этого решать самые различные задачи.

При этом развитие холистических принципов в области организации производства привело к еще одному шагу в углублении процессов децентрализации управления, когда холонами, «выживающими» на рынке предприятия и имеющими собственные экономические интересы, начали выступать не только «части» организации или отдельные люди, но и различные физические сущности, такие как заказы, машины, станки, готовые изделия, материалы и т.д.

В рамках этого направления был предложен следующий шаг в построении полностью децентрализованных холистических организаций агентов, развивающий принципы построения МАС и расширяющий их возможные области применения. При этом вне зависимости от того, является ли система «коммерческой» или нет по своему прямому назначению, каждый агент или их некоторое сообщество могут получить в системе свой «интерес» и взаимодействовать на экономической основе равноправного партнерства с другими агентами в рамках внутреннего рынка системы. В этом случае агенты могут не только более интеллектуально (с учетом финансовых ограничений) осуществлять постоянный «матчинг» своих потребностей и возможностей, конкурировать между собой и кооперироваться для достижения поставленных целей, реализуя идеи самоорганизации, но и заботиться о собственной прибыли, сокращать затраты и увеличивать доходы, и в результате использовать полученные средства для своего развития, что обычно и происходит на свободном рынке в ходе естественной эволюции предприятий.

Главная особенность данного подхода состоит в развитии имеющихся механизмов самоорганизации агентов специальным «методом компенсаций», а также в разработке нового механизма для реализации эволюции в рассматриваемых системах. При этом предлагается использовать такую микроэкономику агентов, в которой каждая из сущностей напрямую связана с конечными результатами деятельности всей организации и соответственно участвует в распределении прибыли всей системы (предприятия) или вместе с ней терпит убытки.

Самоорганизация и эволюция в холистических МАС. Мультиагентные системы развиваются на стыке между методами распределенного искусственного интеллекта и параллельными вычислениями, во многом базируясь на платформе объектно-ориентированного программирования.

Однако в дополнение к основным возможностям объектов агент, как правило, наделяется способностями воспринимать информацию из среды, планировать свои действия и принимать решения, действо-

вать в среде и коммуницировать с подобными себе агентами. Потенциальная способность нового агента, располагающего своей онтологией, представиться существующим агентам и объяснить им особенности своего поведения и тем самым сделать себя им полезным, делает мультиагентные системы реальной основой для создания открытых систем, самоорганизующихся и эволюционирующих, способных «на ходу» изменять свою структуру и адаптироваться к изменениям в среде.

Для создания таких систем была предложена концепция миров и агентов, направленная на стимулирование процессов кооперации и самоорганизации на предприятиях. Развитие этих работ позволило создать целый ряд новых инструментальных систем и практических приложений, отличающихся научной новизной и практической значимостью. Было показано, что для создания действительно самоорганизующихся и эволюционирующих систем нужны дополнительные механизмы, которые бы связывали «рой» агентов в единое целое за счет экономических связей между конечными результатами деятельности всей организации агентов и их индивидуальными результатами.

Для это было предложено создавать ОМАС на основе внутреннего рынка агентов концептуальных или физических сущностей предприятия, имеющих собственные экономические интересы. Возможность напрямую связать экономические интересы этих сущностей с результатами всей ОМАС, когда каждая «малая часть» точно знает свой вклад в итоговую прибыль и возможности его увеличения, позволяет агентам более гибко договариваться и принимать решения о стратегиях решения задач, создании новых агентов, распределении ролей и установлении отношений между ними (включая временные иерархии), выборе методов и средств взаимодействия и т.д.

При этом самоорганизация системы, проявляющая себя в динамическом создании и изменении структуры организации агентов, основывается на постоянном поиске и поддержании равновесия – баланса интересов между всеми участниками взаимодействия. В этих целях был разработан способ взаимодействия агентов, в ходе которого структура организации не только выстраивается специально под каждый новый заказ, но и потом пересматривается и реконструируется под другие заказы и возможно с согласованным изменением или даже переформулировкой исходной постановки задачи. Этот способ, названный в последствие «методом компенсаций», базируется на сквозном динамическом распределении прибыли между «частями» организации. Суть метода, первоначально применявшегося к решению задач автомобильной логистики, состоит в том, что приходящий новый заказ не может «перебить» существующие заказы и напрямую использовать уже забронированные другими заказами ресурсы или изделия (даже менее выгодными для предприятия), но может «договориться» с ними, предлагая компенсацию из собственной прибыли. В результате прибыль заказов постоянно перераспределяется с учетом изменяющейся ситуации, достигается более глубокая кооперация «частей» и более эффективное и гибкое использование всех ресурсов предприятия. Кроме того, если система не может разрешить ситуацию, допускается выход на клиентов с предложениями пересмотреть условия заказа и, например, предложением разрешить отложить поставку в обмен на дополнительную скидку по цене товара. Этот механизм в сочетании с разработанной моделью множественных переговоров агентов за «круглым столом» (в отличие от переговоров «один на один») существенно развивает известные подходы к микроэкономике агентов и моделям переговоров типа договорных сетей Смита-Сандхольма или монотонных минимальных уступок по Розеншайну и Злоткину, обеспечивая поддержку более сложных процессов взаимодействия агентов.

Рассмотренный процесс решения задач приводит к появлению эффектов нелинейного и нестационарного поведения системы, исходя из сложившегося равновесия сил и интересов. Однако положительной стороной этого явления является более высокая скорость системы при решении задач средней загрузки.

Рассмотрим теперь возможные механизмы эволюции в рассматриваемых системах. Эволюция реализуется как механизм естественного отбора между агентами физических или концептуальных сущностей. Действительно, находящиеся на сервере предприятия агенты могут рассматриваться как колония насекомых, в которых успешность выживания оценивается через конечный результат действий агентов, например, каждая продажа в системе е-коммерции есть успех определенных «особей» агентов. При этом различные стратегии агентов, например, «осторожный» и «решительный» не могут быть заранее оценены как «хорошие» или «плохие», поскольку использующие их агенты побеждают в зависимости от ситуации, складывающейся на рынке. И если в текущий момент побеждают «решительные агенты», то другим агентам возможно следует также использовать эти стратегии. Если же в системе не поддерживается возможность динамической загрузки стратегий – то тогда следует «рождать» больше «особей» с побеждающими стратегиями. Таким образом в системе должен быть организован двусторонний про-

цесс, в котором агенты рождаются, получая некоторые свойства, развиваются и достигают своего расцвета в конкурентной борьбе, после чего теряют свою актуальность, слабеют и погибают, исчезая из системы.

Интересно, что развиваемый подход весьма близок модели эволюционной науки Тулмина, в которой непрерывное возникновение интеллектуальных нововведений уравнивается непрерывным процессом критического отбора вариантов. В этой модели результат в виде устойчивого развития достигается лишь при наличии определенной «интеллектуальной среды», включающей «форумы конкуренции» и «экологические ниши», в которых интеллектуальные нововведения могут выращиваться и выживать достаточно долгое время, чтобы обнаружить свои недостатки и достоинства.

Очевидно, что ОМАС именно и есть один из вариантов построения такой «интеллектуальной среды», а прекрасными примерами рассматриваемых сущностей могут быть не только глобальные научные теории, но и более простые понятия и отношения в базе знаний, виды заказов, продуктов и ресурсов в системе логистики, кластеры при извлечении знаний, новости в агентстве новостей и т.д.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Акбердин Р.З., Кибанов А.Я. Совершенствование структуры, функций и экономических взаимоотношений управленческих подразделений предприятий при формах хозяйствования: Учеб. пособие. М.: Макс Пресс, 1993. 298 с.

2 Попов Э.В., Кузьмицкий А.А. Реинжиниринг бизнес-процессов предприятий с использованием систем управления знаниями // Реинжиниринг бизнес-процессов на основе современных информационных технологий (РБП-2001): Тр. V Российской науч.-практ. конф., 15 – 16 мая 2001 г. М., 2001. С. 9 – 19.

3 Тарасов В.Б. Агенты, многоагентные системы, виртуальные сообщества: стратегическое направление в информатике и искусственном интеллекте // Новости искусственного интеллекта. 1998. № 2. С. 5 – 63.

4 Городецкий В.И., Грушинский М.С., Хабалов А.В. Многоагентные системы (обзор) // Новости искусственного интеллекта. 1998. № 2. С. 64 – 116.

5 Хорошевский В.Ф. Методы и средства проектирования и реализации мультиагентных систем // Проблемы искусственного интеллекта: Материалы семинара. М.: ИПУ РАН, 1999.

6 Виттих В.А. Управление открытыми системами на основе интеграции знаний // Автометрия. 1999. № 3. С. 38 – 49.

7 Виттих В.А. Эволюционное управление сложными системами // Известия Самарского научного центра РАН. 2000. Т. 2. № 1. С. 53 – 65.

8 Колодко Г.В. Новая экономика и старые проблемы (перспективы быстрого роста в постсоциалистических странах) // Проблемы теории и практики управления. 2002. № 3.

9 Негреба Д.В. Некоторые вопросы реформирования управления предприятием в свете глобализации экономики // www.5ballov.ru/publication/works/01-7.html.

10 Скобелев П.О. Самоорганизация и эволюция в открытых мультиагентных системах для колониальных предприятий // www.kg.ru/Publish/artic35.htm.

11 Ильменский М.Д., Маракуев А.В., Паринов С.И. Применение новых информационных технологий в экономических исследованиях // Экономика и математические методы. 2003. № 2.

12 Тихомиров В.П., Хрусталева Е.Ю. Гипертекстовое информационное моделирование экономических систем: проблемы теории и практики внедрения // Экономика и математические методы. 1997. № 2.

13 Скобелев П.О. Виртуальные миры и интеллектуальные агенты для моделирования деятельности компаний // Тр. VI Национальной конф. ИИ-1998. Пушкино, 1998. Т. 2. С. 714 – 719.

14 Ивкушкин К.В., Минаков И.А., Ржевский Г.А., Скобелев П.О. Мультиагентная система для решения задач логистики // Тр. VII Национальной конф. ИИ-2000. М., 2000. Т. 2. С. 789 – 798.

15 Нарушев Е.С., Хорошевский В.Ф. AgSDK: Инструментарий разработки мультиагентных систем // Тр. VII Национальной конф. по искусственному интеллекту с международным участием. М.: ИФМЛ, 2000. Т. 2. С. 830 – 840.

16 Батищев С.В., Лахин О.И., Минаков И.А., Ржевский Г.А., Скобелев П.О. Разработка пакета программ для построения мультиагентных приложений в сети Интернет // Тр. СНЦ РАН. 2001.

17 Кораблин М.А., Ржевский Г.А., Скобелев П.О. Мультиагентная среда для поддержки принятия решений // ICCS 2001. СПб., 2001.

2.6 Развитие теоретических основ методологии и инструментария проектирования, разработки и сопровождения информационных систем субъектов экономической деятельности: методы формализованного представления предметной области, программные средства, базы данных, корпоративные хранилища данных, базы знаний, коммуникационные технологии

Структурное проектирование. Проблема сложности является главной проблемой, которую приходится решать при создании больших и сложных систем любой природы, в том числе и экономической информационной системы (ЭИС). Ни один разработчик не в состоянии выйти за пределы человеческих возможностей и понять всю систему в целом. Единственный эффективный подход к решению этой проблемы, который выработало человечество за всю свою историю, заключается в построении сложной системы из небольшого количества крупных частей, каждая из которых, в свою очередь, строится из частей меньшего размера и т.д., до тех пор, пока самые небольшие части можно будет строить из имеющегося материала. Этот подход известен под самыми разными названиями, среди них такие, как «разделяй и властвуй» (*divide et impera*), иерархическая декомпозиция и др. По отношению к проектированию сложной программной системы это означает, что ее необходимо разделять (декомпозировать) на небольшие подсистемы, каждую из которых можно разрабатывать независимо от других. Это позволяет при разработке подсистемы любого уровня держать в уме информацию только о ней, а не обо всех остальных частях системы. Правильная декомпозиция является главным способом преодоления сложности разработки больших систем программного обеспечения (ПО). Понятие «правильная» по отношению к декомпозиции означает следующее:

- количество связей между отдельными подсистемами должно быть минимальным;
- связность отдельных частей внутри каждой подсистемы должна быть максимальной.

Структура системы должна быть таковой, чтобы все взаимодействия между ее подсистемами укладывались в ограниченные, стандартные рамки:

- каждая подсистема должна инкапсулировать свое содержимое (скрывать его от других подсистем);
- каждая подсистема должна иметь четко определенный интерфейс с другими подсистемами.

Инкапсуляция позволяет рассматривать структуру каждой подсистемы независимо от других подсистем. Интерфейсы позволяют строить систему более высокого уровня, рассматривая каждую подсистему как единое целое и игнорируя ее внутреннее устройство.

На сегодняшний день в программной инженерии существуют два основных подхода к разработке ПО ЭИС, принципиальное различие между которыми обусловлено разными способами декомпозиции систем. Первый подход называют функционально-модульным или структурным. В его основу положен принцип функциональной декомпозиции, при которой структура системы описывается в терминах иерархии ее функций и передачи информации между отдельными функциональными элементами. Второй, объектно-ориентированный подход, использует объектную декомпозицию. При этом структура системы описывается в терминах объектов и связей между ними, а поведение системы описывается в терминах обмена сообщениями между объектами.

Итак, сущность структурного подхода к разработке ПО ЭИС заключается в его декомпозиции (разбиении) на автоматизируемые функции: система разбивается на функциональные подсистемы, которые, в свою очередь, делятся на подфункции, те – на задачи и так далее до конкретных процедур. При этом автоматизируемая система сохраняет целостное представление, в котором все составляющие компоненты взаимосвязаны. При разработке системы «снизу вверх», от отдельных задач ко всей системе, целостность теряется, возникают проблемы при описании информационного взаимодействия отдельных компонентов.

Все наиболее распространенные методы структурного подхода базируются на ряде общих принципов. Базовыми принципами являются:

- принцип «разделяй и властвуй»;

- принцип иерархического упорядочения – принцип организации составных частей системы в иерархические древовидные структуры с добавлением новых деталей на каждом уровне.

Выделение двух базовых принципов не означает, что остальные принципы являются второстепенными, поскольку игнорирование любого из них может привести к непредсказуемым последствиям (в том числе и к провалу всего проекта). Основными из этих принципов являются:

- принцип абстрагирования – выделение существенных аспектов системы и отвлечение от несущественных;
- принцип непротиворечивости – обоснованность и согласованность элементов системы;
- принцип структурирования данных – данные должны быть структурированы и иерархически организованы.

В структурном подходе используются в основном две группы средств, описывающих функциональную структуру системы и отношения между данными. Каждой группе средств соответствуют определенные виды моделей (диаграмм), наиболее распространенными среди которых являются:

- DFD (Data Flow Diagrams) – диаграммы потоков данных;
- SADT (Structured Analysis and Design Technique) – метод структурного анализа и проектирования) – модели и соответствующие функциональные диаграммы;
- ERD (Entity-Relationship Diagrams) – диаграммы «сущность – связь».

Диаграммы потоков данных и диаграммы «сущность – связь» – наиболее часто используемые в CASE-средствах виды моделей.

Конкретный вид перечисленных диаграмм и интерпретация их конструкций зависят от стадии жизненного цикла ПО.

На стадии формирования требований к ПО SADT-модели и DFD используются для построения модели «AS-IS» и модели «TO-BE», отражая, таким образом, существующую и предлагаемую структуру бизнес-процессов организации и взаимодействие между ними (использование SADT-моделей, как правило, ограничивается только данной стадией, поскольку они изначально не предназначались для проектирования ПО). С помощью ERD выполняется описание используемых в организации данных на концептуальном уровне, не зависящем от средств реализации базы данных (СУБД).

На стадии проектирования DFD используются для описания структуры проектируемой системы ПО, при этом они могут уточняться, расширяться и дополняться новыми конструкциями. Аналогично ERD уточняются и дополняются новыми конструкциями, описывающими представление данных на логическом уровне, пригодном для последующей генерации схемы базы данных. Данные модели могут дополняться диаграммами, отражающими системную архитектуру ПО, структурные схемы программ, иерархию экранных форм и меню и др.

Перечисленные модели в совокупности дают полное описание ПО ЭИС независимо от того, является ли система существующей или вновь разрабатываемой. Состав диаграмм в каждом конкретном случае зависит от сложности системы и необходимой полноты ее описания.

Объектно-ориентированное проектирование. Объектно-ориентированный подход использует объектную декомпозицию. При этом статическая структура системы описывается в терминах объектов и связей между ними, а поведение системы описывается в терминах обмена сообщениями между объектами. Каждый объект системы обладает своим собственным поведением, моделирующим поведение объекта реального мира.

Понятие «объект» впервые было использовано около 30 лет назад в технических средствах при попытках отойти от традиционной архитектуры фон Неймана и преодолеть барьер между высоким уровнем программных абстракций и низким уровнем абстрагирования на уровне компьютеров. С объектно-ориентированной архитектурой также тесно связаны объектно-ориентированные операционные системы. Однако наиболее значительный вклад в объектный подход был внесен объектными и объектно-ориентированными языками программирования: Simula, Smalltalk, C++, Object Pascal. На объектный подход оказали влияние также развивавшиеся достаточно независимо методы моделирования баз данных, в особенности подход «сущность – связь».

Концептуальной основой объектно-ориентированного подхода является объектная модель. Основными ее элементами являются:

- абстрагирование;
- инкапсуляция;
- модульность;

- иерархия.

Кроме основных, имеются еще три дополнительных элемента, не являющихся в отличие от основных строго обязательными:

- типизация;
- параллелизм;
- устойчивость.

Абстрагирование – это выделение существенных характеристик некоторого объекта, которые отличают его от всех других видов объектов и, таким образом, четко определяют его концептуальные границы относительно дальнейшего рассмотрения и анализа. Абстрагирование концентрирует внимание на внешних особенностях объекта и позволяет отделить самые существенные особенности его поведения от деталей их реализации. Выбор правильного набора абстракций для заданной предметной области представляет собой главную задачу объектно-ориентированного проектирования.

Инкапсуляция – это процесс отделения друг от друга отдельных элементов объекта, определяющих его устройство и поведение. Инкапсуляция служит для того, чтобы изолировать интерфейс объекта, отражающий его внешнее поведение, от внутренней реализации объекта. Объектный подход предполагает, что собственные ресурсы, которыми могут манипулировать только методы самого класса, скрыты от внешней среды. Абстрагирование и инкапсуляция являются взаимодополняющими операциями: абстрагирование фокусирует внимание на внешних особенностях объекта, а инкапсуляция (или, иначе, ограничение доступа) не позволяет пользователям различать внутреннее устройство объекта.

Модульность – это свойство системы, связанное с возможностью ее декомпозиции на ряд внутренних связанных, но слабо связанных между собой модулей. Инкапсуляция и модульность создают барьеры между абстракциями.

Иерархия – это ранжированная или упорядоченная система абстракций, расположение их по уровням. Основными видами иерархических структур применительно к сложным системам являются структура классов (иерархия по номенклатуре) и структура объектов (иерархия по составу). Примерами иерархии классов являются простое и множественное наследование (один класс использует структурную или функциональную часть соответственно одного или нескольких других классов), а иерархии объектов – агрегация.

Типизация – это ограничение, накладываемое на класс объектов и препятствующее взаимозаменяемости различных классов (или сильно сужающее ее возможность). Типизация позволяет защититься от использования объектов одного класса вместо другого или по крайней мере управлять таким использованием.

Параллелизм – свойство объектов находиться в активном или пассивном состоянии и различать активные и пассивные объекты между собой.

Устойчивость – свойство объекта существовать во времени (вне зависимости от процесса, породившего данный объект) и/или в пространстве (при перемещении объекта из адресного пространства, в котором он был создан).

Основные понятия объектно-ориентированного подхода – объект и класс.

Объект определяется как осязаемая реальность – предмет или явление, имеющие четко определяемое поведение. Объект обладает состоянием, поведением и индивидуальностью; структура и поведение схожих объектов определяют общий для них класс. Термины «экземпляр класса» и «объект» являются эквивалентными. Состояние объекта характеризуется перечнем всех возможных (статических) свойств данного объекта и текущими значениями (динамическими) каждого из этих свойств. Поведение характеризует воздействие объекта на другие объекты и, наоборот, относительно изменения состояния этих объектов и передачи сообщений. Иначе говоря, поведение объекта полностью определяется его действиями. Индивидуальность – это свойства объекта, отличающие его от всех других объектов.

Определенное воздействие одного объекта на другой с целью вызвать соответствующую реакцию называется операцией. Как правило, в объектных и объектно-ориентированных языках операции, выполняемые над данным объектом, называются методами и являются составной частью определения класса.

Класс – это множество объектов, связанных общностью структуры и поведения. Любой объект является экземпляром класса. Определение классов и объектов – одна из самых сложных задач объектно-ориентированного проектирования.

Следующую группу важных понятий объектного подхода составляют наследование и полиморфизм. Понятие полиморфизма может быть интерпретировано как способность класса принадлежать бо-

лее чем одному типу. Наследование означает построение новых классов на основе существующих с возможностью добавления или переопределения данных и методов.

Объектно-ориентированная система изначально строится с учетом ее эволюции. Наследование и полиморфизм обеспечивают возможность определения новой функциональности классов с помощью создания производных классов – потомков базовых классов. Потомки наследуют характеристики родительских классов без изменения их первоначального описания и добавляют при необходимости собственные структуры данных и методы. Определение производных классов, при котором задаются только различия или уточнения, в огромной степени экономит время и усилия при производстве и использовании спецификаций и программного кода.

Важным качеством объектного подхода является согласованность моделей деятельности организации и моделей проектируемой системы от стадии формирования требований до стадии реализации. Требование согласованности моделей выполняется благодаря возможности применения абстрагирования, модульности, полиморфизма на всех стадиях разработки. Модели ранних стадий могут быть непосредственно подвергнуты сравнению с моделями реализации. По объектным моделям может быть прослежено отображение реальных сущностей моделируемой предметной области (организации) в объекты и классы информационной системы.

Большинство существующих методов объектно-ориентированного анализа и проектирования (ОО-АП) включают как язык моделирования, так и описание процесса моделирования. Язык моделирования – это нотация (в основном графическая), которая используется методом для описания проектов. Нотация представляет собой совокупность графических объектов, которые используются в моделях; она является синтаксисом языка моделирования. Например, нотация диаграммы классов определяет, каким образом представляются такие элементы и понятия, как класс, ассоциация и множественность. Процесс – это описание шагов, которые необходимо выполнить при разработке проекта.

Унифицированный язык моделирования UML (Unified Modeling Language) – это преемник того поколения методов ООАП, которые появились в конце 1980-х и начале 1990-х гг. Создание UML фактически началось в конце 1994 г., когда Гради Буч и Джеймс Рамбо начали работу по объединению методов Booch и ОМТ (Object Modeling Technique) под эгидой компании Rational Software. К концу 1995 г. они создали первую спецификацию объединенного метода, названного ими Unified Method, версия 0.8. Тогда же, в 1995 г., к ним присоединился создатель метода OOSE (Object-Oriented Software) Ивар Якобсон. Таким образом, UML является прямым объединением и унификацией методов Буча, Рамбо и Якобсона, однако дополняет их новыми возможностями. Главными в разработке UML были следующие цели:

- предоставить пользователям готовый к использованию выразительный язык визуального моделирования, позволяющий разрабатывать осмысленные модели и обмениваться ими;
- предусмотреть механизмы расширяемости и специализации для расширения базовых концепций;
- обеспечить независимость от конкретных языков программирования и процессов разработки;
- обеспечить формальную основу для понимания этого языка моделирования (язык должен быть одновременно точным и доступным для понимания, без лишнего формализма);
- стимулировать рост рынка объектно-ориентированных инструментальных средств;
- интегрировать лучший практический опыт.

Язык UML находится в процессе стандартизации, проводимом OMG (Object Management Group) – организацией по стандартизации в области объектно-ориентированных методов и технологий, и в настоящее время принят в качестве стандартного языка моделирования и получил широкую поддержку в индустрии ПО. Язык UML принят на вооружение практически всеми крупнейшими компаниями – производителями ПО. Кроме того, практически все мировые производители CASE-средств, помимо Rational Software (Rational Rose) поддерживают UML в своих продуктах (Paradigm Plus, System Architect, Microsoft Visual Modeler, Delphi, PowerBuilder и др.).

Создатели UML представляют его как язык для определения, представления, проектирования и документирования программных систем, организационно-экономических, технических и др. UML содержит стандартный набор диаграмм и нотаций самых разнообразных видов. Стандарт UML версии 1.1, принятый OMG в 1997 г., предлагает следующий набор диаграмм для моделирования:

- диаграммы вариантов использования – для моделирования бизнес-процессов организации (требований к системе);
- диаграммы классов – для моделирования статической структуры классов системы и связей между ними;
- диаграммы поведения системы;

- диаграммы взаимодействия – для моделирования процесса обмена сообщениями между объектами. Существуют два вида диаграмм взаимодействия: диаграммы последовательности; кооперативные диаграммы.

- диаграммы состояний – для моделирования поведения объектов системы при переходе из одного состояния в другое;

- диаграммы деятельности – для моделирования поведения системы в рамках различных вариантов использования или моделирования деятельности;

- диаграммы реализации: диаграммы компонентов – для моделирования иерархии компонентов (подсистем) системы; диаграммы размещения – для моделирования физической архитектуры, системы.

У большинства людей понятие «проектирование» ассоциируется со структурным проектированием по методу «сверху вниз» на основе функциональной декомпозиции, согласно которой вся система в целом представляется как одна большая функция и разбивается на подфункции, которые, в свою очередь, разбиваются на подфункции и т.д. Эти функции подобны вариантам использования в объектно-ориентированной системе, которые соответствуют действиям, выполняемым системой в целом.

Главный недостаток структурного подхода заключается в следующем: процессы и данные существуют отдельно друг от друга (как в модели деятельности организации, так и в модели программной системы), причем проектирование ведется от процессов к данным. Таким образом, помимо функциональной декомпозиции, существует также структура данных, находящаяся на втором плане.

В объектно-ориентированном подходе основная категория объектной модели – класс – объединяет в себе на элементарном уровне как данные, так и операции, которые над ними выполняются (методы). Именно с этой точки зрения изменения, связанные с переходом от структурного к объектно-ориентированному подходу, являются наиболее заметными. Разделение процессов и данных преодолено, однако остается проблема преодоления сложности системы, которая решается путем использования механизма компонентов.

Данные по сравнению с процессами являются более стабильной и относительно редко изменяющейся частью системы. Отсюда следует главное достоинство объектно-ориентированного подхода, которое Гради Буч сформулировал следующим образом: объектно-ориентированные системы более открыты и легче поддаются внесению изменений, поскольку их конструкция базируется на устойчивых формах. Это дает возможность системе развиваться постепенно и не приводит к полной ее переработке даже в случае существенных изменений исходных требований.

Буч отмечает также ряд следующих преимуществ объектно-ориентированного подхода:

- 1 Объектная декомпозиция дает возможность создавать программные системы меньшего размера путем использования общих механизмов, обеспечивающих необходимую экономию выразительных средств. Использование объектного подхода существенно повышает уровень унификации разработки и пригодность для повторного использования не только программ, но и проектов, что в конце концов ведет к созданию среды разработки и переходу к сборочному созданию ПО. Системы зачастую получаются более компактными, чем их структурные эквиваленты, что означает не только уменьшение объема программного кода, но и удешевление проекта за счет использования предыдущих разработок.

- 2 Объектная декомпозиция уменьшает риск создания сложных систем ПО, так как она предполагает эволюционный путь развития системы на базе относительно небольших подсистем. Процесс интеграции системы растягивается на все время разработки, а не превращается в единовременное событие.

- 3 Объектная модель вполне естественна, поскольку в первую очередь ориентирована на человеческое восприятие мира, а не на компьютерную реализацию.

- 4 Объектная модель позволяет в полной мере использовать выразительные возможности объектных и объектно-ориентированных языков программирования.

К недостаткам объектно-ориентированного подхода относятся некоторое снижение производительности функционирования ПО и высокие начальные затраты. Объектная декомпозиция существенно отличается от функциональной, поэтому переход на новую технологию связан как с преодолением психологических трудностей, так и дополнительными финансовыми затратами. Безусловно, объектно-ориентированная модель наиболее адекватно отражает реальный мир, представляющий собой совокупность взаимодействующих (посредством обмена сообщениями) объектов. Но на практике в настоящий момент продолжается формирование стандарта языка объектно-ориентированного моделирования UML, и количество CASE-средств, поддерживающих объектно-ориентированный подход, невелико по сравнению с поддерживающими структурный подход.

Кроме того, диаграммы, отражающие специфику объектного подхода (диаграммы классов и т.п.), гораздо менее наглядны и плохо понимаемы непрофессионалами. Поэтому одна из главных целей внедрения CASE-технологии, а именно снабжение всех участников проекта

(в том числе и заказчика) общим языком «для передачи понимания», обеспечивается на сегодняшний день только структурными методами.

При переходе от структурного подхода к объектному, как при всякой смене технологии, необходимо вкладывать деньги в приобретение новых инструментальных средств. Здесь следует учесть и расходы на обучение (овладение методом, инструментальными средствами и языком программирования). Для некоторых организаций эти обстоятельства могут стать серьезными препятствиями.

Объектно-ориентированный подход не дает немедленной отдачи. Эффект от его применения начинает сказываться после разработки двух-трех проектов и накопления повторно используемых компонентов, отражающих типовые проектные решения в данной области. Переход организации на объектно-ориентированную технологию – это смена мировоззрения, а не просто изучение новых CASE-средств и языков программирования.

Таким образом, структурный подход по-прежнему сохраняет свою значимость и достаточно широко используется на практике. На примере языка UML хорошо видно, что его авторы заимствовали то рациональное, что можно было взять из структурного подхода: элементы функциональной декомпозиции в диаграммах вариантов использования, диаграммы состояний, диаграммы деятельностей и др. Однако очевидно, что в конкретном проекте декомпозировать сложную систему одновременно двумя способами невозможно. Можно начать декомпозицию каким-либо одним способом, а затем, используя полученные результаты, попытаться рассмотреть систему с другой точки зрения.

Основой взаимосвязи между структурным и объектно-ориентированным подходами является общность ряда категорий и понятий обоих подходов (процесс и вариант использования, сущность и класс и др.). Эта взаимосвязь может проявляться в различных формах. Так, одним из возможных подходов является использование структурного анализа как основы для объектно-ориентированного проектирования. Такой подход целесообразен ввиду широкого распространения CASE-средств, поддерживающих структурный анализ. Его можно считать слишком прагматическим, но в некоторых ситуациях иной подход невозможен. При этом структурный анализ следует прекращать, как только диаграммы потоков данных начнут отражать не только деятельность организации (предметную область), а и систему ПО.

После выполнения структурного анализа и построения диаграмм потоков данных вместе со структурами данных и другими продуктами анализа можно различными способами приступить к определению классов и объектов. Так, если взять какую-либо отдельную диаграмму, то кандидатами в объекты могут быть внешние сущности и накопители данных, а кандидатами в классы – потоки данных.

Другой формой проявления взаимосвязи можно считать интеграцию объектной и реляционной технологий. Реляционные СУБД являются на сегодняшний день основным средством реализации крупномасштабных баз данных и хранилищ данных. Причины этого очевидны: реляционная технология используется достаточно долго, освоена огромным количеством пользователей и разработчиков, стала промышленным стандартом, в нее вложены значительные средства и создано множество корпоративных БД в самых различных отраслях, реляционная модель проста и имеет строгое математическое основание; существует большое разнообразие промышленных средств проектирования, реализации и эксплуатации реляционных БД. Вследствие этого реляционные БД в основном используются для хранения и поиска объектов в так называемых объектно-реляционных системах.

Объектно-ориентированное проектирование имеет точки соприкосновения с реляционным проектированием. Например, как было отмечено выше, классы в объектной модели могут некоторым образом соответствовать сущностям. Как правило, такое соответствие имеет место только на ранней стадии разработки системы – стадии формирования требований. В дальнейшем, разумеется, цели объектно-ориентированного проектирования (адекватное моделирование предметной области в терминах взаимодействия объектов) и разработки реляционной БД (нормализация данных) расходятся. Таким образом, единственно возможным средством преодоления данного разрыва является построение отображения между объектно-ориентированной и реляционной технологиями, которое в основном сводится к отображению между диаграммами классов и реляционной моделью.

Одним из примеров практической реализации взаимосвязи между структурным и объектно-ориентированным подходом является программный интерфейс (мост) между структурным CASE-средством Silverrun и объектно-ориентированным CASE-средством Rational Rose, разработанный российской компанией «Аргуссофт». Этот мост создает диаграммы классов Rational Rose на основе RDM-модели (Relation Data Model – реляционная модель данных) Silverrun и наоборот. Аналогичные интерфейсы существуют также между CASE-средствами ERwin (с одной стороны), Rational Rose и Paradigm Plus (с другой стороны).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Машунин Ю.К. Информационные технологии моделирования технических систем на базе методов векторной оптимизации // Информационные технологии. 2001. № 9.
- 2 Прилуцкий М.Х., Летнянчик А.А. Распределение ресурсов при проектировании объектов с иерархической структурой и интервальными значениями характеристик // <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2001/043.pdf>.
- 3 Вендров А.М. Проектирование программного обеспечения экономических информационных систем. М.: Финансы и статистика, 2000.
- 4 Уринцов А.И. Структурный анализ и проектирование распределенных экономических информационных систем // Экономика и математические методы. 1997. № 4.

2.7 Проблемы стандартизации и сертификации информационных услуг и продуктов для экономических приложений

В процессе разработки и на других этапах жизненного цикла программ невозможно полностью избежать дефектов и ошибок, которые негативно, а иногда катастрофически отражаются на качестве программных средств (ПС). Широко распространенное неупорядоченное тестирование программ не может гарантировать высокое качество крупномасштабных ПС. При таком тестировании пропускаются и не проверяются маршруты исполнения программ, которые реализуют важнейшие требования контрактов и исходных спецификаций. Поэтому в стандартах, регламентирующих жизненный цикл (ЖЦ) ПС, значительное внимание уделяется процессам упорядоченной, иерархической верификации, исходящей от требований к информационной системе и к ПС. Ее основой является последовательная детализация требований к программным компонентам разных уровней и контроль их согласованной реализации в ЖЦ ПС.

Наиболее подробно процессы верификации программ представлены в стандарте DO 178 В – 1995 – «Соглашение по сертификации бортовых систем и оборудования в части программного обеспечения», который использован ниже при изложении основных принципов верификации.

Верификация – это процесс, предназначенный для определения, выполняют ли программные средства и их компоненты требования и условия, наложенные на них в предыдущих этапах ЖЦ ПС. Для эффективности затрат при ее реализации верификация должна быть интегрирована как можно раньше с процессами поставки, разработки и сопровождения. Этот процесс включает анализ, просмотр (обзор) и тестирование выполнения требований, которые являются важнейшими компонентами верификации. Она проводится сверху вниз, начиная от общих требований в техническом задании и/или спецификации на всю информационную систему до детальных требований на отдельные модули программ и их взаимодействие.

Назначение верификации ПС состоит в том, чтобы обнаружить, зарегистрировать и устранить дефекты и ошибки, которые могли быть внесены во время разработки или модификации программ. Основное назначение верификации ПС – проверить, что (рис. 1):

- общие требования к информационной системе, предназначенные для программной реализации, корректно переработаны в требования высокого уровня к программному средству, удовлетворяющие исходным системным требованиям;
- требования высокого уровня правильно переработаны в архитектуру ПС и в требования к функциональным компонентам низкого уровня, которые удовлетворяют требованиям высокого уровня;
- если один или более уровней требований к функциональным компонентам ПС разработаны между требованиями высокого уровня и требованиями низкого уровня, то каждый последующий уровень требований должен разрабатываться так, чтобы удовлетворять требованиям более высокого уровня;





Рис. 1

- архитектура ПС и требования к компонентам низкого уровня корректно переработаны в удовлетворяющий им исходный текст программ;

- исполняемый объектный код удовлетворяет требованиям к исходному тексту программ.

Кроме того, верификации на соответствие спецификации требований для конкретного проекта комплекса программ подлежат требования к технологическому обеспечению ЖЦ ПС, а также требования к эксплуатационной и технологической документации.

Цели верификации ПС достигаются посредством последовательного выполнения комбинаций из просмотров, анализов, разработки тестовых сценариев и процедур и последующего выполнения этих процедур. Просмотры и анализы должны обеспечивать оценку точности, полноты и верифицируемости требований, архитектуры ПС и исходного текста программ. Тестовые сценарии предназначены для проверки внутренней непротиворечивости и полноты реализации требований. Выполнение тестовых процедур должно обеспечивать демонстрацию соответствия испытываемых программ исходным требованиям. Исходная информация для процесса верификации включает системные требования ИС, требования к ПС и архитектуре, данные о прослеживаемости требований, исходный текст программ, исполняемый объектный код, а также планы верификации и квалификационного тестирования ПС.

В стандартах на жизненный цикл при выполнении работ по верификации ПС рекомендуется такая последовательность основных процедур:

- проверка корректности и непротиворечивости исходных требований высокого уровня (контракта) и демонстрация прослеживаемости к ним;

- анализ прослеживаемости и анализ покрытия исходных требований и структуры, которые должны показать, что каждое требование к ПС является трассируемым к реализующему его объектному коду, а выполненные просмотры, анализы и сгенерированные тестовые наборы проверяют эти требования;

- если код, который выполнялся в процессе тестирования, не идентичен объектному коду ПС, то это несоответствие должно быть указано и обосновано;

- когда невозможно проверить некоторые требования посредством исполнения ПС в тестовой среде адекватной реальной, должны быть обеспечены другие средства и в документах обоснована возможность их использования для удовлетворения целей процесса верификации ПС;

- регистрация несоответствий и ошибок, обнаруженных в процессе верификации, для последующего исследования и корректировки программ.

Просмотр может включать инспекцию выходных результатов указанных процессов. Цель анализа – детально исследовать функциональность, эффективность, прослеживаемость и надежность компонентов ПС, а также их связи с другими компонентами системы и оборудованием ИС [1, 2].

Цель просмотров и анализов требований высокого уровня – обнаружить, зарегистрировать и устранить ошибки, которые внесены в процессе разработки и преобразования требований к ПС. Эти просмотры и анализы должны подтвердить корректность и согласованность требований высокого уровня, а также гарантировать, что:

- полностью определены функции информационной системы, которые должно выполнять ПС, и требования по функциональности, эффективности и безопасности системы удовлетворены в исходных требованиях высокого уровня к ПС, правильно определены производные требования и обоснована их необходимость;

- каждое требование высокого уровня является точным, однозначным и достаточно детализированным и требования не конфликтуют друг с другом;

- не существует никаких конфликтов между требованиями высокого уровня и возможностями аппаратных и программных средств объектного вычислителя, особенно такими, как время реакции системы и аппаратура ввода/вывода;

- каждое требование высокого уровня может быть проверено и верифицировано;

- процесс разработки требований к ПС полностью соответствует стандартам на создание требований и обоснованы любые отклонения от стандартов;

- системные, функциональные требования, требования по эффективности и безопасности системы, предназначенные для программной реализации, включены в требования высокого уровня.

Цель просмотров и анализов архитектуры ПС – обнаружить и зарегистрировать дефекты и ошибки, которые внесены во время разработки архитектуры комплекса программ. Эти просмотры и анализы должны подтвердить, что архитектура ПС не находится в противоречии с требованиями высокого уровня, выполняются все функции, которые гарантируют целостность системы, а также существует корректная связь между функциональными компонентами архитектуры ПС. Эта связь реализуется полностью через потоки управления и потоки данных между ними.

Цель просмотров и анализов требований низкого уровня – выявить дефекты и ошибки детализированных требований, которые внесены в процессе проектирования функциональных компонентов ПС. Эти анализы должны гарантировать, что требования низкого уровня к ПС удовлетворяют требованиям высокого уровня и что правильно определены формируемые из последних требования и обоснована их необходимость. Следует гарантировать, что каждое требование низкого уровня является точным, однозначным и достаточно детализированным для программирования и что эти требования не конфликтуют друг с другом.

Цель просмотров и анализов исходного текста программ – выявление и регистрация ошибок, которые внесены в процессе программирования ПС. Они должны подтверждать, что выходные результаты программирования являются точными, полными и могут быть верифицированы. Прежде всего должна проверяться корректность текста программ по отношению к исходным требованиям к архитектуре ПС. Анализы обычно ограничиваются исходным текстом программ, проверкой его корректности, полноты и соответствия требованиям к компонентам низкого уровня, а также проверкой исходного текста на содержание неописанных функций. Должно быть проверено, что процесс разработки программ осуществлялся полностью в соответствии со стандартами на программирование и отклонения от этих стандартов обоснованы, особенно в случаях ограничения сложности и использования конструкций программ, которые должны удовлетворять целям безопасности системы. Сложность в данном контексте понимается как степень связности программных компонентов, уровень вложенности управляющих структур и сложность логических или числовых выражений. Следует проверить правильность и непротиворечивость исходного текста, включая реализацию стеков, переполнение и разрешающую способность для арифметики с фиксированной точкой, конкуренцию ресурсов, обработку особых ситуаций, использование неинициализированных переменных или констант, а также возможность нарушения целостности данных из-за конфликтов прерываний.

Цель просмотров и анализов выходных результатов процесса интеграции – гарантировать, что результаты интеграции функциональных компонентов являются полными и корректными. Это может быть выполнено путем детального исследования данных комплексирования и загрузки памяти.

Цель просмотров и анализов тестовых вариантов, процедур и результатов – показать, что тестирование объектного кода было разработано и выполнялось точно и полностью. Должно быть рассмотрено и

подтверждено, что тестовые варианты правильно представлены в процедурах тестирования и ожидаемых результатах; гарантировано, что результаты тестирования являются корректными и объяснимы расхождения между фактическими и ожидаемыми результатами.

Интерпретация процессов верификации в стандартах в области обеспечения ЖЦ программных средств может быть различной. Хотя основные функции верификации – обеспечение реализации требований к ПС и их компонентам на всех уровнях структуры комплекса программ – сохраняются, акценты на критерии и порядок выполнения верификации несколько различаются. Вариант основных регламентированных задач верификации программных средств по-иному отражен в разделе 6.4 стандарта ISO 12207:1995 – Процессы жизненного цикла программных средств (ГОСТ Р ИСО/МЭК–1999), сокращенное содержание которого представлено ниже. Процессы верификации в стандарте включают в свой состав следующие задачи и критерии:

- 1) верификация договора по критериям:
 - требования непротиворечивы и покрывают все потребности пользователя;
 - предусмотрены адекватные процедуры для регулирования изменений требований договора;
 - предусмотрены процедуры для сотрудничества между участниками-сторонами проекта, включая право собственности, гарантию, авторское право и конфиденциальность;
 - предусмотрены критерии и процедуры приемки результатов разработки на соответствие требованиям договора;
- 2) верификация требований к информационной системе по критериям:
 - требования системы непротиворечивы, выполнимы и проверяемы;
 - требования системы распределены между компонентами аппаратных, программных средств и ручными операциями полностью и в соответствии с критериями проекта;
 - требования к программному средству последовательны, выполнимы, тестируемы и точно отражают требования системы;
- 3) верификация процесса проектирования по критериям:
 - процессы, выбранные для проекта, адекватны, реализуемы, выполняются, как запланировано, и соответствуют договору;
 - стандарты, процедуры и область функционирования адекватны для проектных процедур;
 - проект укомплектован ресурсами и персонал обучен, как требуется по договору;
- 4) верификация проекта по критериям:
 - проект корректен и не противоречит исходным требованиям договора и системы;
 - проект полностью исходит из требований к системе;
 - проект правильно реализует безопасность, защищенность и другие критические требования;
- 5) верификация программ по критериям:
 - текст программ удовлетворяет проекту и требованиям системы, тестируем, корректен и соответствует стандартам программирования;
 - программа отражает требуемый ход событий, последовательные интерфейсы и управляющий поток, завершенность, использование временных и вычислительных ресурсов, определение ошибок, их обнаружение и восстановление работоспособности ПС;
 - программа корректно обеспечивает безопасность, защищенность и другие критические требования;
- 6) верификация интеграции компонентов по критериям:
 - компоненты и элементы каждого компонента программного средства полностью и правильно интегрированы в комплекс программ;
 - компоненты аппаратных средств, программного средства и ручные операции полностью и правильно интегрированы в информационную систему;
- 7) верификация документации по критериям:
 - документация адекватна, полна и непротиворечива;
 - подготовка документации выполнена своевременно;
 - управление документами следует плановым процедурам.

Тестирование программ, основанное на требованиях, в процессе разработки должно охватить функционирование ПС во всей доступной области варьирования исходных данных и режимов применения. При этом номенклатура и диапазоны варьирования тестов ограничены либо допустимой длительностью подготовки и исполнения тестов, либо вычислительными ресурсами, доступными для использования с целью контроля и тестирования в режиме нормальной эксплуатации. Это отражается на выборе методов тестирования и последовательности анализа компонентов ПС, объеме применяемых тестов и глубине тестирования [3 – 5].

Тестирование ПС от требований имеет две взаимодополняющие цели. Первая цель – показать, что ПС удовлетворяет заданным требованиям к нему. Вторая цель – показать с высокой степенью доверия, что устранены дефекты и ошибки, которые могли бы привести к возникновению недопустимых отказных ситуаций, влияющих на корректность и безопасность системы.

В стандартах выделяются три уровня тестирования сверху – вниз:

- тестирование интеграции программных компонентов с аппаратурой ИС, верифицирующее корректность функционирования ПС в среде объектной ЭВМ;
- тестирование интеграции компонентов, верифицирующее взаимосвязи между требованиями к ПС и к функциональным компонентам, а также корректность реализации требований и функций компонентов в рамках определенной архитектуры ПС;
- тестирование низкого уровня (модульное тестирование), верифицирующее реализацию требований низкого уровня к компонентам и внутренним интерфейсам ПС.

Тестирование интеграции программных компонентов, основанное на требованиях, должно концентрироваться на взаимосвязях между требованиями к ПС и на реализации требований к его архитектуре. Цель такого тестирования – гарантировать, что программные компоненты взаимодействуют друг с другом корректно и удовлетворяют требованиям к ПС и к его архитектуре.

Этот метод может быть реализован путем расширения области действия требований посредством последовательной интеграции программных компонентов с соответствующим расширением области действия тестовых вариантов. Модульное тестирование, основанное на требованиях, должно применяться для демонстрации того, что каждый программный компонент выполняет требования низкого уровня.

При нисходящем тестировании от требований оно начинается с программ организации вычислительного процесса. Первоначально тестируются управляющее ядро комплекса программ и программы решения функциональных задач, размещенные на высших иерархических уровнях, на соответствие исходным требованиям контракта и технического задания. К ним последовательно подключаются компоненты более низких иерархических уровней, для которых проверяется реализация соответствующих требований. Такая стратегия сверху – вниз эффективна, когда имеется достаточно полный набор проверенных программных компонентов и/или модулей, ранее отработанных в версиях подобных программных комплексов. Если некоторые программы нижних уровней еще не разработаны или не достаточно протестированы, то вместо них временно могут подключаться программные имитаторы «заглушки». В результате при тестировании на начальных этапах проверяются модели функциональных групп программ или комплекса с некоторым числом имитаторов программных компонентов. Преимуществом такой стратегии тестирования является сохранение и последовательное развитие тестовых исходных данных по мере подключения компонентов, а также проверка согласованности реализуемых ими требований. Однако тестирование групп программ с заглушками может требовать больших затрат на обнаружение простейших ошибок во вновь разработанных и подключаемых модулях, если они до этого недостаточно тестировались.

При систематическом восходящем тестировании прежде всего проверяются программные компоненты и/или модули нижних иерархических уровней в функциональной группе программ, к которым последовательно подключаются вызывающие их модули. В этих модулях отладка также начинается с простейших конструкций, переменных и маршрутов обработки информации. Соответственно последовательно усложняются используемые методы тестирования и типы выявляемых при этом ошибок. Последовательное наращивание компонентов программ снизу – вверх позволяет проверять работоспособность и реализацию требований к компонентам при их естественном исполнении, без подмены и имитации компонентов нижних уровней.

Основные трудности при такой стратегии состоят в необходимости непрерывного обновления и увеличения числа тестовых наборов по мере подключения каждого нового компонента более высокого уровня. Однако одновременно углубляется тестирование компонентов нижних иерархических уровней, что способствует систематическому повышению их качества. В результате может быть тщательно отлажен базовый набор программных модулей и компонентов, пригодных для повторного использования при создании совокупности версий ПС.

Анализ тестового покрытия состоит из двух шагов: анализа покрытия, основанного на требованиях, и анализа структурного покрытия. На первом шаге анализируются тестовые наборы относительно требований ПС, чтобы подтвердить, что выбранные наборы тестов полностью удовлетворяют установленным критериям и требованиям. Второй шаг должен подтверждать, что процедуры тестирования, основанные на требованиях, покрыли всю структуру программы. Анализ тестового покрытия, основанного на требованиях, должен определить, насколько полно в результате тестирования осуществлена проверка

реализации всех требований к программному средству, и выявить, какие требования не были протестированы.

Этот анализ может показать потребность в дополнительных тестовых наборах, основанных на требованиях. Данный анализ тестового покрытия должен показать, что использованы тестовые варианты для каждого требования к программному средству; тестовые варианты удовлетворяют критериям тестирования области определения, а также тестирования на отказоустойчивость к ошибкам.

Тестовые варианты, основанные на требованиях, могут не полностью покрыть структуру программы. Анализ структурного покрытия должен определить, не пропущены ли компоненты структуры программы, которые не проверены тестовыми процедурами, основанными на требованиях. Поэтому дополнительно выполняется анализ структурного покрытия и проводится верификация, чтобы обеспечить полное структурное покрытие. Во многих случаях требуемые покрытия, основанные на требованиях, и структурные покрытия могут быть достигнуты только при более точном управлении и мониторинге выбора тестов и исполнения программ, чем вообще это возможно в полной интеграционной среде крупномасштабных ПС. Поэтому такое тестирование можно выполнять для относительно небольших программных компонентов, которые предварительно функционально изолированы от других компонентов ПС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Encyclopedia of Software Engineering. Vol. 1. A-N; Vol. 2. O-Z. Editor – In – Chief John .1. Marciniak. John Wiley&Sons. Inc. 1995.
- 2 Sommerville I. Software engineering. Addison Wesley. Lancaster University, 1992.
- 3 Липаев В.В. Отладка сложных программ. М.: Энергоатомиздат, 1993.
- 4 Beizer V. Software testing techniques. N.Y.: Van Nostrand Reinhold, 1990.
- 5 Kit E. Software Testing in the Real World – Improving the Process. Addison – Wesley, 1996.
- 6 Бояршинова А.И., Рудаков И.В. Определение требований к технологическому процессу разработки программного обеспечения // Информационные технологии. 2003. № 3.
- 7 Норенков И.П. Стандартизация в области компьютерных образовательных технологий // Информационные технологии. 2003. № 1.
- 8 Липаев В.В. Стандартизация верификации программных средств // Информационные технологии. 2001. № 3.
- 9 Булгаков Ю.В. Выбор варианта рискованного портфеля // Менеджмент в России и за рубежом. 2000. № 4.

2.8 РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ АККУМУЛЯЦИИ ЗНАНИЙ О РАЗВИТИИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ ВЫРАБОТКЕ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Системы накопления знаний. Проблема приобретения и использования новых знаний является весьма актуальной и значимой для многих современных предприятий, стремящихся повысить свою эффективность. Один из путей решения этой проблемы связан с созданием прикладных программных систем [1], реализующих разнообразные математические и эмпирические методы анализа данных (статистический и спектральный анализ, распознавание образов и т.д.).

Однако, несмотря на значительные достижения в этой области, решение этой задачи для рядовых пользователей по-прежнему представляет собой сложную проблему. Дело в том, что большие объемы данных, разнообразие возникающих на практике задач, отсутствие формализованных моделей исследуемых объектов и необходимость получения априорных знаний о поступающих данных, ограничения существующих оптимальных математических алгоритмов, а также высокая разнородность и противоречивость данных, их неопределенность и наличие ошибок – все это существенно затрудняет процесс анализа данных и приобретения новых знаний.

В этой связи в рассматриваемой области в последнее время стали развиваться методы «неклассического» интеллектуального анализа данных, получивших название Data Mining и Knowledge Discovery (DM&KD). Как отмечается в [2], DM&KD представляет собой «процесс управляемого данными (data-driven) извлечения зависимостей из больших баз данных. В этом процессе центральное место занимает порождение характеризующих анализируемые данные моделей, правил или функциональных зависимостей, которые затем представляются пользователю для оценки их интересности, релевантности и полез-

ности». При этом под «зависимостями» понимаются не только традиционные аналитические соотношения, но и выделение кластеров (групп) или каких-либо шаблонов в данных, построение классификаций и порождение ассоциаций, установление причинных отношений и т.д. При этом применяются методы порождения деревьев решений, рассуждения на основе правил, генетические алгоритмы, нейронные сети, когнитивная графика. Как следствие, в существующих системах DM&KD (IBM Intelligent Miner, SAS Enterprise Miner и т.д.) пользователю предлагаются приближенные, «не точные» и «не оптимальные» решения, которые, тем не менее, позволяют получать важные результаты, правила и обобщения.

Вместе с тем, рассматриваемые системы на практике оказываются закрытыми, слишком сложными и жестко устроенными программами, узко специализированными и не позволяющими расширять, скрещивать или модифицировать используемые алгоритмы, работать в режиме непрерывного поступления данных (что особенно характерно, например, для систем e-коммерции в сети Интернет) и т.д. Можно утверждать, что в настоящее время отсутствуют универсальные и технологичные программные системы, пригодные для решения широкого спектра подобных задач (в диапазоне от задач кластеризации и исследования структурных зависимостей – до анализа временных рядов или распознавания образов), которые были бы достаточно мощными, гибкими, удобными и простыми в применении для неподготовленных пользователей.

В этой связи в настоящей работе предлагается новый подход к решению задач DM&KD, основанный на принципах построения открытых мультиагентных систем [3]. В этом подходе свое воплощение впервые находят идеи самоорганизации и эволюции данных, противопоставляющие традиционным централизованным, жестким и последовательным алгоритмам решения задач динамичное и гибкое взаимодействие относительно простых программных агентов, представляющих «интересы» любых записей, образов, кластеров, формул и т.д. Очевидно, что на основе подобных принципов может быть создан качественно новый инструмент интеллектуального анализа данных, открытый и гибко адаптируемый к решаемой задаче, глубоко интегрируемый с другими системами, легко распараллеливаемый и т.п.

Решаемая задача и традиционный подход. В качестве первого примера применения разрабатываемого подхода была выбрана классическая задача извлечения знаний direct marketing, когда по базе данных о продажах требуется найти наиболее перспективных покупателей для продажи тех или иных товаров.

Для примера рассмотрим данные о приобретении разных видов товаров А, Б, В покупателями разных возрастов (рис. 1). Здесь каждой покупке соответствует точка на плоскости «Возраст покупателя – Цена товара».

Данная задача может быть решена известными методами кластерного анализа, например методом расширяющихся окружностей [1]. При этом каждая запись рассматривается как потенциальный центр кластера и для каждой из них строится расширяющаяся окрестность, для которой вычисляется локальная плотность. Если плотность увеличивается, то очередная точка присоединяется к кластеру, если уменьшается – фиксируется граница кластера. Далее строится матрица вхождений записей в кластеры и определяется наилучшее (оптимальное) распределение точек по кластерам.

В результате для приведенного примера наиболее интересными кластерами будут являться: группа 1 из 12 – 23-летних покупателей, покупающих продукты категории А (восемь записей), группа 2 из 20 – 30-летних – для продуктов категории Б (пять записей) и группа 3 из 29 – 42-летних – для категории В (четыре записи). Заметим, что для каждого кластера налицо баланс интересов записей: добавление или удаление любой точки приводит к уменьшению плотности кластера, что собственно и используется в разрабатываемом подходе.

Возраст покупателя

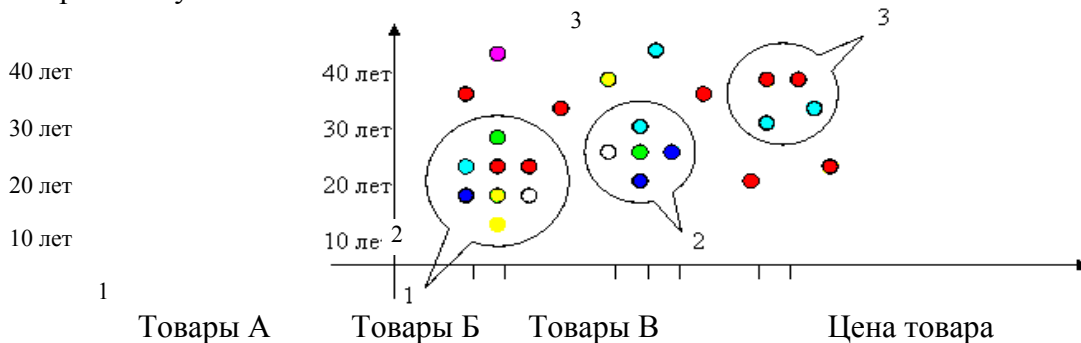


Рис. 1 Исходные данные для кластеризации

Однако прежде чем перейти к изложению предлагаемого подхода, зададим вопрос: что будет в случае, если записи поступают постепенно, в некотором порядке? Картина кластеров на каждом таком шаге будет некоторым образом меняться в зависимости от порядка прихода записей, причем на каждом шаге придется заново запускать данную процедуру. Если же счет идет на десятки и сотни мегабайт, то рассмотренная процедура централизованного и оптимального решения задачи будет мало эффективной.

Новый подход. В разрабатываемом подходе главными действующими лицами становятся агенты записей и кластеров. Агент – это программный объект, способный воспринимать ситуацию, принимать решения, выполнять действия над объектами мира и коммуницировать с себе подобными. Вступая в кластеры, агенты образуют виртуальные сообщества по типу временных иерархий, которые могут быть организованы различным образом [3].

В самом простейшем случае записи пытаются найти для себя наиболее «выгодные» кластеры с максимальной плотностью. Процесс такого поиска начинается с самых ближних точек и постепенно расширяется во все стороны примерно так, как было описано выше. Однако когда запись находит для себя, например, привлекательный вариант вступления в некоторый существующий кластер, она делает ему предложение и ждет его ответа. Найденный кластер пересматривает свою окрестность, рассчитывает свой вариант и принимает или отвергает предложение. Таким образом, вместо централизованного оптимального решения «на самом верху» в классическом алгоритме, в разрабатываемом подходе решения принимаются в самом «низу» и эти решения выражают лишь некоторый текущий локальный баланс интересов конкретной записи и кластера. Если каждая из сторон согласна, запись вступает в кластер, если же нет – запись ищет следующих кандидатов. Фазы этого процесса для центрального фрагмента приведенного выше примера и для одной из возможных формул плотности представлены на рис. 2.

В более сложном случае агенты могут взаимодействовать на виртуальном рынке и использовать денежные средства, которые естественным образом регулируют возможности записей или ограничивают варианты принятия решений. Например, в портале для е-коммерции сумма денег записи может устанавливаться как комиссионные от продажи каждого товара. Тогда запись об оптовой продаже целой упаковки некоторого товара может быть существенно более «богатой», чем разовая продажа данного товара, и может быть кластеризована в первую очередь или с более удаленными записями. В этой ситуации могут применяться различные варианты модели микроэкономики кластеров и записей. Например, кластеры могут получать входной взнос от записей

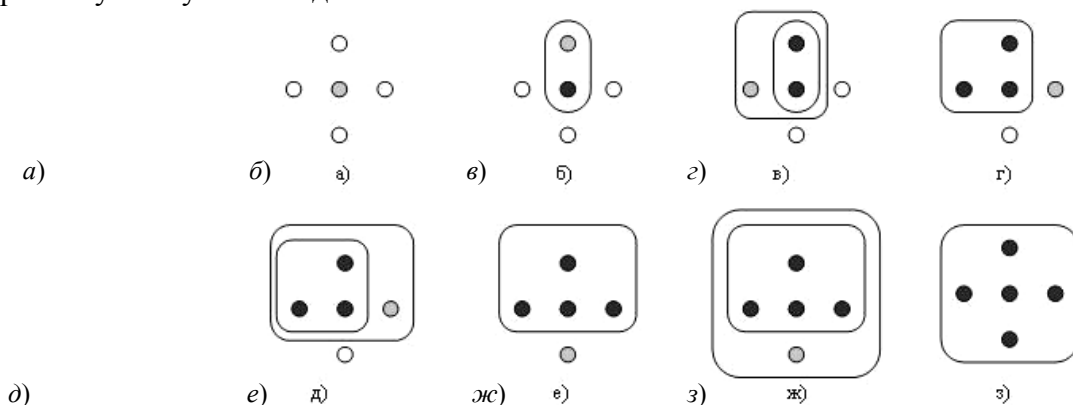


Рис. 2 Фазы построения кластера в разрабатываемом подходе (серым показана очередная пришедшая запись, черным – кластеризованная):

а – приход первой записи; *б* – приход второй записи и образование кластера; *в* – приход третьей записи, создание второго кластера из первого кластера и третьей записи; *г* – второй кластер «переманивает» записи из первого кластера и тот уничтожается, приходит четвертая запись; *д* – образуется новый кластер; *е* – новый кластер опять «переманивает» записи из внутреннего кластера, приходит следующая запись; *ж* – приходит очередная запись и процесс повторяется, *з* – финальный кластер

по модели «клубной системы» (сумма взноса не зависит от ситуации, богатства записи или числа членов клуба) или по модели «покупки акций» (сумма зависит от ситуации). В последнем случае запись даже может приумножить свой капитал, вовремя войдя и потом выйдя из кластера. Очевидно, что если запись встречает более привлекательный для нее кластер и ей не хватает денег на

вступление в этот кластер, то она может выйти из предыдущего, вследствие чего, возможно, начнется лавинообразный процесс падения кластеров. Кроме того, в ходе взаимодействия кластеров и записей могут иметь место настоящие переговоры, когда стороны «двигаются» навстречу друг другу, например, методом взаимных уступок. Все это обеспечивает различные варианты получения приближенных решений и управления соотношением между точностью и затратами памяти и времени.

Еще более сложный случай связан с зависимостями от времени, когда процессы самоорганизации могут дополняться процессами эволюции. В этом случае записи и кластеры платят повременный налог в системе и за пребывание в кластерах, вследствие чего их финансовые ресурсы будут постепенно уменьшаться и какие-то кластеры и записи будут исчезать из системы, сокращая вычислительную нагрузку на систему, а какие-то непрерывно развиваться и усиливаться. В этом случае кластеры и записи должны думать не только о «деньгах», но и о своем «сроке жизни», балансируя между критериями. Например, перед лицом опасности исчезновения, когда кластер давно не получал предложений от записей и не имеет их членских взносов, он может резко сбросить свою входную цену и привлечь новых членов, что позволит ему просуществовать в системе еще некоторое время.

Таким образом, уже из этого краткого изложения следует, что кластеры и записи могут принимать решения по самым различным правилам, комбинируя, например, простую локальную плотность и «общественную ценность» (во скольких кластерах состоит запись или сколько записей объединяет кластер), «богатство» или «срок жизни» кластера или записи. Эти комбинации правил в значительной степени зависят от того, что собственно хочет увидеть пользователь: наиболее крупные и устойчивые образования кластеров или наоборот самые динамичные и миниатюрные, наиболее плотные или самые разряженные, самые «денежные», дольше всего «живущие» или какие-то другие.

Архитектура системы. Архитектура разрабатываемой системы включает следующие основные компоненты: исполняющая подсистема (Run Time), библиотеки расширений, виртуальный рынок агентов кластеров и записей, блок онтологий, интерфейсная подсистема. Отдельными компонентами являются конструктор и отладчик онтологий и генетическая лаборатория.

Исполняющая подсистема содержит универсальные компоненты, необходимые для реализации прикладных мультиагентных систем в различных областях [4]. Функции этой подсистемы включают параллельную машину для исполнения большого числа агентов, средства их коммуникации и поддержки доступа к онтологиям, интерфейсные модули и сервисные компоненты.

БИБЛИОТЕКА РАСШИРЕНИЙ СОДЕРЖИТ В СЕБЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С БАЗАМИ ДАННЫХ, СРЕДСТВА ДВУХ- И ТРЕХМЕРНОЙ ГРАФИКИ ДЛЯ ОТОБРАЖЕНИЯ ЗАВИСИМОСТЕЙ, ПОСТРОЕНИЯ ВСЕВОЗМОЖНЫХ ОТЧЕТОВ И Т.Д. ЗДЕСЬ ЖЕ НАХОДЯТСЯ НЕОБХОДИМЫЕ КОМПОНЕНТЫ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ РАЗЛИЧНЫХ МОДЕЛЕЙ МИКРОЭКОНОМИКИ.

Виртуальный рынок содержит в себе пространство для жизни агентов, в котором располагаются временные иерархии кластеров. Здесь кластеры создаются и уничтожаются, ведут переговоры с записями и другими кластерами, расширяются и т.д.

Конструктор онтологий является ключевым элементом системы, позволяющим пользователю самостоятельно создавать и редактировать базы знаний понятий и правил рассуждения агентов (включая формульные соотношения плотности или других признаков). Сценарии действий и рассуждений агентов строятся из простых правил, подобных тем, что задаются в почтовом клиенте для работы с корреспонденцией. В набор базовых действий входят операции доступа, навигации и поиска понятий по онтологии (найти верхний класс объекта, получить список всех отношений объекта и т.д.), формирования и ведения таблицы вариантов решений (в одном случае решение может применяться только по плотности, а в другом – по некоторому набору параметров «общественной значимости», «богатства» или «срока жизни»), поиска вариантов, входа и выхода в кластер, создания и удаления кластеров, синхронизации процессов (например, реакции на события создания и удаления кластеров) и т.д. Пользователь может не только добавить или отредактировать сценарии некоторых агентов, но и ввести новые типы агентов – например, для анализа временных рядов или распознавания образов. Взаимодействие между такими агентами открывает совершенно новые возможности интеграции различных алгоритмов в рамках разрабатываемой системы.

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ НАКАПЛИВАЕТ СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ РАБОТЫ КЛАСТЕРОВ И ЗАПИСЕЙ И ПОЗВОЛЯЕТ УПРАВЛЯТЬ ВЫБОРОМ СТРАТЕГИЙ АГЕНТОВ В АВТОМАТИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ, ОБЕСПЕЧИВАЯ ЭВОЛЮЦИЮ «КОЛОНИИ» АГЕНТОВ КЛАСТЕРОВ И ЗАПИСЕЙ. В ЧАСТНОСТИ, ГЕНЕТИЧЕСКАЯ

ЛАБОРАТОРИЯ ПОЗВОЛЯЕТ ПОСТЕПЕННО «РОЖДАТЬ» БОЛЬШЕ АГЕНТОВ С ТЕМИ СТРАТЕГИЯМИ, КОТОРЫЕ БЫЛИ БОЛЕЕ УСПЕШНЫ НА РЫНКЕ, ТЕМ САМЫМ, ИЗМЕНЯЯ ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ «ПОПУЛЯЦИИ» АГЕНТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СИТУАЦИИ ИЛИ ЗАДАЧИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ.

Архитектура прикладной холистической МАС. Архитектура прикладной холистической МАС включает онтологию предметной области, исполняющую систему и библиотеки расширений, виртуальные и абстрактные миры предприятия, интерфейсную компоненту, а также конструктор онтологий, интегратор знаний, систему понимания текста и генетическую лабораторию.

Разработанная архитектура является двухуровневой и дает возможность для любых подсистем business intelligence (e-коммерции, логистики и др.) создавать как простых агентов (не использующих онтологии), так и интеллектуальных агентов любой степени сложности, использующих онтологии.

Основой предлагаемой системы становится онтология корпоративной деятельности предприятия, представляющая собой набор пополняемых баз знаний определенной структуры. Онтология предприятия строится как семантическая сеть, описывающая виртуальные и абстрактные миры предметной области, каждый из которых содержит как декларативную, так и процедурную компоненту. В целом, любой мир представляет собой модель фрагмента реальной среды предприятия. В известных МАС среда (агентство) является крайне упрощенной и содержит только самих агентов, которые общаются через пересылку

сообщений. В предлагаемой архитектуре мир всегда предполагает наличие пространства сцены, в котором помимо агентов могут быть объекты, обладающие некоторыми свойствами или функциями. Агенты могут выполнять действия над объектами, которые часто служат их инструментами. Выделяются виртуальные и абстрактные миры, построенные соответственно из моделей физических и абстрактных сущностей. В любом из миров организации можно создать пространственную сцену, выполнять действия с объектами и наблюдать их ответные реакции в соответствии с законами мира. При этом, например для агента заказа в онтологии логистики описано, из каких частей состоит заказ, кто может производить или поставлять эти части и как можно их заказать и получить. Таким образом, вся предметно-содержательная часть системы оказывается не «прошитой» в код системы, а вынесенной в отдельные текстовые файлы, которые легко редактировать. При этом для ситуаций, когда требуется высокая производительность системы, всегда есть возможность использования простых агентов.

Загружая выбранные миры, пользователь может конструировать на экране компьютера различные начальные сцены мира, используя интерфейсную компоненту.

Для реализации всех этих возможностей исполняющая система включает в себя виртуальную параллельную машину для поддержки функционирования миров и одновременной работы агентов, подсистему обеспечения коммуникаций, модули поддержки онтологий, интерфейсную подсистему и подсистему сервисных функций.

Для работы с онтологиями пользователю предоставляется визуальный конструктор, позволяющий строить новые понятия и отношения в заданной предметной области. При этом с каждым понятием или отношением также связывается собственный агент и эти агенты способны обнаруживать противоречия в создаваемых концептах, автоматически порождать новые понятия, устанавливать между собой новые отношения по типу генерализации, агрегации, ассоциации и т.д. Особенно важно это становится для обеспечения возможности одновременной работы с онтологией многих пользователей, находящихся в географически разных местах. В этом случае становится необходимой постоянная интеграция знаний и данных, обеспечивающая их проверку, систематизацию и согласование. Очевидно, что все непрерывно поступающие в систему знания и данные могут быть разнородными, они могут дополнять друг друга или взаимно противоречить, обновляться и устаревать, иметь разные форматы и т.д. Эти функции реализует интегратор знаний и данных, который как и все предыдущие системы создается как ОМАС, в которой обеспечивается самоорганизация и эволюция знаний. Получаемые знания имеют огромную важность для предприятия, поэтому в ближайшем будущем агенты получают еще и возможность пополнять онтологии своим опытом и новыми бизнес-правилами, получаемыми из системы извлечения знаний.

Для упрощения процесса обработки знаний, представленных в текстовых документах, а также обеспечения гибкого и удобного взаимодействия с пользователем в архитектуру прикладной ОМАС включена система понимания текстов на естественном языке, которая может использоваться и независимо как самостоятельный продукт. В этой системе пользователь в дополнение к существующей онтологии, задающей семантику, вводит морфологические, синтаксические и прагматические правила манипуляций со словами (фактически, соответствующие онтологии) и получает возможность задавать системе вопросы и получать ответы, характеризующие текущее состояние предприятия, его прошлое или будущее.

Генетическая лаборатория позволяет автоматически управлять рождением простых агентов и обеспечивать эволюцию системы в случае, когда система целиком строится «на первом этаже» (простые агенты не умеют самостоятельно выбирать себе стратегии). Однако в дальнейшем генетическая лаборатория будет предназначена для конструирования и оснащения самих агентов различными органами чувств, исполняющими механизмами, блоками памяти и т.д. Пользователи также могут устанавливать определенные стратегии своим агентам «вручную», а могут полагаться на систему, которая накапливает сведения об эффективности использования стратегий. Тогда при создании нового агента система сама может решать, какая стратегия наиболее значима на рынке по успеху для пользователя предыдущих «особей» агентов.

ПРИ ЭТОМ ОСНОВНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ХОЛИЗМА СОСРЕДОТОЧЕНЫ ВСЕГО ЛИШЬ В ОДНОЙ ИЗ БАЗОВЫХ ОНТОЛОГИЙ СИСТЕМЫ (СОДЕРЖАЩЕЙ СООТВЕТСТВУЮЩИЕ ПОНЯТИЯ И БИЗНЕС-ПРАВИЛА) И СООТВЕТСТВУЮЩЕЙ БИБЛИОТЕКЕ РАСШИРЕНИЙ ИСПОЛНЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ (С ИНСТРУМЕНТАМИ ТИПА «ФИНАНСОВЫЙ СЧЕТ» И ДР.). ВМЕСТЕ С ТЕМ, УКАЗАННАЯ ОНТОЛОГИЯ

И БИБЛИОТЕКА ИСПОЛЬЗУЮТСЯ ВСЕМИ ДРУГИМИ ПРИКЛАДНЫМИ СИСТЕМАМИ.

Интерфейс системы. Для решения своих задач пользователь может загрузить в систему несколько различных баз данных и скомпоновать из них нужные ему массивы информации. Для этого он должен создать новую структуру компоновемых полей и путем задания фильтров описать условия слияния интересующих его баз данных. При этом он может заменять, исключать или объединять выбранные поля, вставлять или удалять некоторые фрагменты данных, менять типы полей и редактировать их значения и т.д.

После этого пользователь может настроить метод кластеризации, задав некоторые параметры (варианты организации сообщества агентов, модель микроэкономики и т.д.), и определить параметры процесса отображения результатов. В дальнейшем пользователь здесь же сможет отредактировать онтологию агентов, добавить или изменить понятия и правила принятия решений.

Результаты процесса кластеризации могут быть показаны в нескольких режимах. Пользователь может получать результаты как в виде «исторического отчета» о создании и удалении кластеров во времени, так и в форме таблицы текущего состояния временной иерархической структуры кластеров, напоминающей табло прилетов самолетов в аэропорту (по этой таблице видно, как кластеры набирают или теряют «очки» по выбранному критерию, соответственно перемещаясь в «табели о рангах»).

Итоговые результаты могут быть представлены в форме отчета о структуре кластеров, доступной для навигации (для кластера показываются его параметры, вышестоящие кластеры и вошедшие в него кластеры и записи, а для записи – в какие кластеры она входит), в виде графической спиральной «галактики» (кластеры и записи упорядочены по выбранному критерию, например, «богатству»), 3D-схемы, где пользователь может назначить полям записей и кластерам оси XYZ или простой дендограммы.

Инструментальные средства для создания холистических МАС. Практическое создание МАС сталкивается с множеством серьезных трудностей, поскольку в настоящее время отсутствуют универсальные методологические принципы и инструменты построения указанных систем, нет единых взглядов на устройство и принципы функционирования таких агентов, структуру их онтологий, организацию памяти и механизмов мышления, способов взаимодействия и т.д.

Предлагается строить интеллектуальных агентов как многоуровневые комбинации физических и ментальных «тел», что несколько напоминает IDS-архитектуру. Предполагается, что в виртуальном мире физическое тело агента может обладать переменным набором сенсоров и исполняющих механизмов, что позволяет заменить коммуникации через посылку сообщений прямым «видением» ситуации (агент может также «слышать», «чувствовать некоторые изменения среды», «ощущать касание» и т.д.) и резко снизить накладные затраты на восприятие сцены. Физическое тело может быть озабочено правильным воспроизведением сцены мира и исполнением запланированных действий, а также некоторыми реактивными действиями. Ментальное тело «подхватывает» полученную сцену виртуального мира и строит ее отображение в абстрактных мирах, планирует сценарий действий и осуществляет анализ результатов. Такой подход позволяет создавать более мощных и гибких агентов, использующих все возможные механизмы взаимодействия и коммуникации.

При этом используемый принцип построения «целого» как результата динамического взаимодействия «частей» открывает совершенно поразительные возможности в создании сложных агентов. В этом случае каждый агент может быть в свою очередь построен как целый мир со своими законами самоорганизации и эволюции, где на любом уровне любой простой агент может быть всегда легко заменен интеллектуальным и наоборот. Очевидно, что рассмотренная выше двухуровневая конструкция интеллектуального агента также построена на динамическом взаимодействии агентов «физического» и «ментального» тела, каждый из которых в свою очередь состоит из более простых агентов. С другой стороны, легко представить себе онтологию агентов, которая вовсе не есть «застывшая» пассивная сумма знаний, а является целым миром взаимодействующих агентов понятий и отношений, способных вступать во взаимодействия и порождать новые понятия (например, путем их генерализации), устанавливать ассоциации между ними и т.д. При этом ничто не мешает любому интеллектуальному агенту, имеющему онтологию, получить в свое распоряжение и систему распознавания текста и начать взаимодействовать на естественном языке...

Все эти методологические возможности вносят в арсенал проектировщика МАС совершенно новые возможности по интеграции систем через организацию их динамического взаимодействия, что, видимо, является на сегодня единственным способом создания действительно сложных систем.

Однако следует отметить, что трудоемкость создания даже обычных МАС крайне велика и требует решения задач управления параллельными процессами с внутренней активностью, представления и обработки знаний, работы в реальном времени и т.д. При этом можно утверждать, что разработка даже простой МАС по своей трудоемкости вполне сопоставима с созданием небольшой операционной системы,

а реализация МАС даже с простыми элементами самоорганизации и эволюции, в которых все от начала до конца построено на еще более динамичных, множественных и длинных цепочках взаимодействий и переговоров, существенно более сложная задача. Наконец, разрабатываемые системы должны быть построены на базе основных компьютерных платформ и быть сетевыми и распределенными, открытыми для пользователя, гибко и легко модернизируемыми и пополняемыми «на лету», работающими с большим числом агентов и т.д.

Первый опыт применения разработанных систем показал их широкие возможности и удобство использования даже для неподготовленных пользователей, имеющих начальные знания в области программирования. При этом полное освоение подхода и создание первых действующих прототипов систем занимало всего лишь 1 – 2 месяца.

Кроме того, на практике была доказана высокая эффективность разработанных систем. В частности, получены результаты испытаний десктопной версии, когда в произведенных измерениях на компьютере близкая к стандартной конфигурации под Windows NT система показала возможность поддержки до 500 000 агентов с предельной скоростью до 40 000 сообщений в секунду. При этом на стандартных механизмах нитей в этих же экспериментах удавалось получить только до 5000 агентов.

Список литературы

- 1 Загоруйко Н.Г. Прикладные методы анализа данных и знаний. Новосибирск: Изд-во Института математики, 1999. 270 с.
- 2 Забежайло М.И. Data Mining & Knowledge Discovery in Data Bases: Предметная область, задачи, методы и инструменты // VI Национальная конф. по искусственному интеллекту с международным участием. Пущино, 1998. Т. 2. С. 592 – 600.
- 3 Бугаев Ю.В. Алгоритм бисекции в экстраполяции экспертных оценок // Экономика и математические методы. 2002. № 3.
- 4 Ходашинский И.А. Вопросы, задачи и анализ ответов в интеллектуальных обучающих системах // Информационные технологии. 2001. № 5.
- 5 Исмагилова Л.А., Афанасьев В.Ю. Интеллектуальная система поддержки решений по управлению производством в условиях неопределенности // Информационные технологии. 2000. № 11.
- 6 Андреев В., Волхонцев Д., Ивкушкин К., Карягин Д., Минаков И., Ржевский Г., Скобелев П. Мультиагентная система извлечения знаний // www.kg.ru/Publish/artic39.htm.
- 7 Крюков А.Ф., Егорычев И.Г. Анализ методик прогнозирования кризисной ситуации коммерческих организаций с использованием финансовых индикаторов // Менеджмент в России и за рубежом. 2001. № 2.
- 8 Тарасов В.Б. Агенты, многоагентные системы, виртуальные сообщества: стратегическое направление в информатике и искусственном интеллекте // Новости искусственного интеллекта. 1998. № 2.
- 9 Сударенко Д.А. Типовое параметрическое описание интеллектуальных информационных систем // <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2002/124.pdf>.

2.9 Развитие гипертекстовых технологий и разработка модельных тренажеров в сфере педагогической деятельности по обучению экономическим специальностям и подготовке управленческих кадров

Гипертекстовые и интернет-технологии в образовательном процессе. Широкое распространение для построения систем дистанционного обучения получил язык гипертекстовой разметки документов (HTML). Но наряду с определенными преимуществами данный язык имеет и недостатки.

По сути, HTML – это технология представления информации. Он описывает то, как браузер должен скомпоновать текст и график на странице. В результате «то, что вы видите, – это все, что вы получаете». Нет никакого способа описать данные независимо от отображения этих данных (за исключением чрезвычайно слабой системы ключевых слов в заголовке страницы Web). Это главная причина, почему так трудно найти нужную информацию с помощью механизма поиска. Далее, на любой конкретной странице Web клиент получает только одно представление множества данных. Так, например, если вы получаете от сервера некий список данных и хотите отсортировать его по другому критерию, то вашему

браузеру придется посылать новый запрос серверу. В свою очередь, серверу придется отправлять полную страницу HTML, но отсортированную запрашиваемым способом. Все это ведет к значительному увеличению числа обращений к серверам Web и затрудняет, таким образом, их дальнейшее масштабирование.

Другая проблема с HTML в том, что это – «плоский» язык, т.е. авторы не могут использовать его для предоставления информации об иерархии данных, к тому же HTML непоследователен, что затрудняет разбор текста программным обеспечением. Простым решением для некоторых из перечисленных проблем было бы введение дополнительных тегов HTML, таких как (NAME), (DATE), (BOOK). С их помощью можно было бы определить, что собой представляют данные и отображать их различным образом. Однако введение дополнительных тегов для HTML может занять годы, так как договориться о том, что должен значить тот или иной тег, очень сложно.

До недавнего времени HTML являлся практически единственным средством представления учебной информации в Internet. Рассмотренные недостатки данного языка в последнее время начали существенно тормозить развитие методологических разработок в области представления и обработки учебной информации. Предложенный консорциумом W3C расширяемый язык разметки – XML предоставляет значительно большие возможности для представления и манипулирования данными в сети Internet, так как является по сути метаязыком, определяющим другие языки разметки для специфических целей.

Не делая ограничений в отношении какого-либо фиксированного набора тегов, XML позволяет вводить любые имена, представляющиеся полезными. Эта возможность является ключевой для активного манипулирования данными. В качестве примера можно привести следующий фрагмент на HTML:

```
<html>
<body>
<p>
<b> Корпоративная Сеть </b> – это инфраструктура организации, поддерживающая решение актуальных задач и обеспечивающая достижение ее целей (т.е. выполнение <i> миссии (</i> организации).
</p>
</body>
</html>
```

Теги размещают данные на экране, но ничего не сообщают об их структуре. В случае XML тот же самый фрагмент будет представлен следующим образом:

```
<?xml version = «1.0»?>
<Definition>
<the__term> Корпоративная сеть </the__term>
<body_term> – это инфраструктура организации, поддерживающая решение актуальных задач и обеспечивающая достижение ее целей (т.е. выполнение <i> миссии </i> организации).
</body_term>
</Definition>
```

В данном примере вводится структурная единица учебного материала – «определение» (<Definition>), которое включает «термин» (<the__term>) и «тело термина» (<body_term>). Данная структура представления всех определений в учебном курсе позволяет сравнительно легко осуществлять их поиск и выборку по всему учебному материалу. Использование взаимных ссылок между различными терминами дает возможность получить их иерархическую зависимость, что в свою очередь позволит системе дистанционного обучения автоматически определять необходимую последовательность их изучения, а системе дистанционной диагностики – выявлять пробелы в знаниях, которые привели к неудовлетворительному пониманию текущей изучаемой темы.

Рассмотрим пример возможного представления тестовых заданий на XML для систем дистанционной диагностики знаний:

```
<?xml version = «1.0»?>
<Question>
<subject> Проектирование информационных систем
</subject>
<section> Архитектура корпоративной сети
</section>
<body_question>
Что такое корпоративная сеть?
</body_question>
```

<answer>

&Definition(Корпоративная сеть);

</answer>

</Question>

Как видно из примера, помимо самого вопроса (<body_question>) определяется его отношение к теме (<subject>) и разделу (<section>), а в качестве ответа (<answer>) задается ссылка на определение. Подобное представление позволяет программе анализа ответов в системе дистанционной диагностики знаний определить тему и раздел, по которым были показаны неудовлетворительные знания, а при более сложной обработке ответов – найти иерархическую зависимость незначительных вопросов, что дает возможность проектировать интеллектуальные и адаптивные системы обучения.

XML – лишь несколько более «многословный», чем HTML, однако намного упрощает определение того, что собой представляют и где находятся поля данных. В XML теги не могут накладываться, как в HTML, но они могут быть вложены друг в друга. Вложение даже поощряется – как способ создания иерархии данных (подчиненные или равноправные отношения). Документы XML могут содержать ссылки на другие объекты. Ссылки представляют собой строку, начинающуюся с амперсанта и заканчивающуюся точкой с запятой. Эти ссылки позволяют, в частности, вставить в документ специальные символы, включение которых самих по себе могло бы сбить с толку программу разбора. Однако ссылки XML на объекты предоставляют гораздо больше возможностей, так как они могут ссылаться на определенные автором разделы текста в том же самом или в другом документе.

Модельные тренажеры для подготовки управленческих кадров. Несомненным следствием происходящих в стране экономических изменений является значительное расширение возможностей поведения хозяйствующих субъектов экономики. Экономическая свобода неизбежно влечет за собой экономическую ответственность. Требования к качеству хозяйствования на всех этажах экономического управления необыкновенно возрастают и, надо признать, что на этом фоне менеджерские качества корпуса действующих хозяйственников далеко не отвечают новым неожиданно возникшим условиям. Многие из них даже не имеют экономического образования и опытом работы (кстати, по существу единственным и очень дорогим способом менеджерской подготовки до сих пор) были приучены действовать в рамках государственной плановой системы, когда основные экономические решения относительно управляемых ими объектов были вне их компетенции, интеллектуально и ресурсно принимались и обеспечивались централизованными государственными средствами.

Кроме этого, за последние годы возникла острая потребность в управляющих регионального уровня, с совершенно новыми для страны условиями и возможностями. Соответствующие специалисты вообще не готовились практикой предыдущего хозяйствования.

Опыт последних лет показал, что и на уровне макроэкономического государственного управления публицистической эрудиции советских ученых-экономистов и самонадеянной нахрапистости молодых «технарей» совершенно недостаточно для управления экономикой страны. Именно на уровне макроэкономики более всего заметны недостатки менеджерской подготовки.

Управленческий взгляд на экономику во многом специфический и особенный в сопоставлении с так называемым научным экономическим знанием. Экономист-менеджер должен представлять объект управления не просто в комплексе (может быть, очень сложном) составляющих его элементов и связей, но и видеть эти связи в логической цепи зависимостей от доступных ему рычагов управления, выстраивать свои действия (планировать) в логике этих связей от исходного положения (которое, кстати, надо быстро и точно идентифицировать, часто при недостаточной и неточной информации) к желаемому. Менеджер действует в реальном времени и поэтому вынужден своевременно принимать решения в динамике, достигать своих целей «на лету», должен хорошо оценивать динамические характеристики управляемых процессов, их инерционность и ресурсоемкость (в смысле тех затрат, которые необходимы для направления процесса к желаемой цели).

Возможно, наиболее трудным в экономическом управлении является то, что оно, как правило, связано с воздействием на субъекты, имеющие свои цели и «желания» и осуществляющие в довольно размытых рамках свое собственное экономическое поведение. Значимость этого обстоятельства быстро увеличивается при переходе от микро- к макроэкономическому управлению и на верхних этажах становится главным фактором, определяющим сложность управленческой деятельности.

Все эти моменты мало отражены в существующих курсах экономического обучения. В целом следует признать, что экономический менеджизм – это особая профессия, требующая специальных средств и методов подготовки, специфичных для экономических, правовых и социально-психологических условий страны или даже отдельных регионов. Поэтому программы подготовки ме-

неджеров, привнесенные без должной адаптации извне, будут скорее всего, как минимум, малоэффективны. Экономическое управление – это скорее искусство, чем просто набор детерминированных реакций на стандартные ситуации и для обучения этому искусству необходимо как-то потеснить практику как слишком дорогой, медленный и неэффективный способ приобретения управленческих навыков. В этом отношении представляется чрезвычайно полезным опыт науки в математическом моделировании экономических процессов.

Накопленные наукой дескриптивные модели экономики следует перестроить в управленческом ракурсе так, чтобы на экзогенных переменных сценарно формировать типичные управленческие ситуации и затем, предоставив обучающимся управляющие (инструментальные) переменные, побудить их искать в динамике пути перехода от «плохих» исходных состояний к «хорошим», вырабатывая тем самым навыки эффективного управления в различных условиях. Оправдана надежда достаточно большим набором таких моделей-тренажеров и сценариев к ним в большой мере заменить в подготовке хозяйственников нынешний способ почти полностью практического обучения.

Специально разработанный курс менеджерского обучения экономистов базируется на имитационных моделях [1, 2 и др.] из арсенала экспериментальной экономики [3]. Вначале студентам предлагается управлять моделями микроэкономики. Исходная модель основного микроэкономического объекта – предприятия [1] имитирует многообразную его деятельность: собственно производственную (сложная производственная функция на векторных аргументах: труд, основные средства и материальные ресурсы), снабженческую, сбытовую, инвестиционно-инновационную, финансовую, социально-трудовую и т.п. Для целей обучения модель была декомпозирована так, что ее отдельные блоки (сбыт, производство, труд и т.п.) могут работать автономно под управлением обучающихся, а остальные блоки автоматически реализуют некий заданный преподавателем сценарий. В зависимости от состава студентов и целей обучение можно начинать с любых локальных проблем управления предприятием, например, с управления сбытом. В этом случае студенты обучаются методам исследования рынков выпускаемых предприятием товаров (прогноз динамики цен, выявление эластичности спроса, роли госзакупок, остроты конкуренции и т.п.).

В ответ на рыночную обстановку (хорошо или плохо идентифицированную и спрогнозированную) студенты определяют объемы товаров к продажам и цены на них, получая в ответ от модели реальный доход и объем реализации. Учитывая, что все это делается в динамике при регулируемых преподавателем стохастике процессов, ценовых и объемных тенденций на рынках, перед обучающимися возникают совсем

не банальные задачи сбыта. К тому же преподаватель может регулировать полноту и достоверность экзогенной информации о рынках, затрудняя идентификацию ситуации. Оценивать успешность управления сбытом можно по уровню доходов (по условиям производственная себестоимость зафиксирована), объемам сбыта, запасам товаров на складах и т.п.

По мере освоения задач сбыта у обучающихся возникают требования к производству, например, увеличение объемов выпуска выгодной продукции за счет невыгодной. Это хороший момент для расширения объема полномочий обучающихся. Подключение производственного блока модели усложняет управление необходимостью направлять производственные ресурсы (вначале ограниченные и неизменные) на выпуск тех или иных товаров. При этом процесс переключения ресурсов имитируется как весьма инерционный так, что чем резче меняется требуемая пропорция выпуска товаров, тем больших ресурсных затрат это требует (моделируется временным увеличением ресурсоемкости производства). Затем задача управления усложняется износом основных фондов и необходимостью их обновления (пополнения), а значит и необходимостью формировать фонд развития производства, изучать рынки основных средств, вести ту или иную политику их закупок и т.д.

Наибольшее усложнение в управление вносит активизация той части модели, которая имитирует деятельность трудовых ресурсов. Здесь необходимо хорошо оценивать ситуацию на рынке труда, разумно вести кадровую политику (найм или увольнение работников) и особенно политику оплаты труда. От этого зависят как миграционные потоки, так и потенциальная производительность труда, которая становится реальной лишь при должном сочетании трудовой и инвестиционной деятельности. Максимальный эффект достигается при умении найти нужную пропорцию между численностью работников и их трудовой активностью, с одной стороны, объемом основных фондов и их качеством (производительностью), с другой.

Технический прогресс, как управленческая проблема, отражен в модели следующим образом. Приобретением более производительного (и, естественно, более дорогого) оборудования можно уменьшить потребность в трудовых ресурсах, затраты на производство качественной продукции и, таким образом,

выйти на более дорогой рынок. Однако для этого надо аккумулировать достаточно средств в фонде развития и в меру интенсивно эксплуатировать устаревающие фонды.

В более развитой постановке задача обновления фондов с позиции предприятия изучается на особой модели как проблема диверсификации производства. Обучающимся предлагается, изучая рынки конечных продуктов, определить перспективные по ценам и объемам сбыта, одновременно на рынках оборудования и технологий найти подходящие средства и способы производства этих продуктов. Затем с учетом стоимости этих процедур, нового и имеющегося оборудования, ликвидности ненужного, доступных финансовых средств (своих и заемных) и других факторов выбрать динамический путь перехода от выпуска невыгодной продукции к выгодной.

Максимально полным управление становится с подключением финансового блока модели, когда для обеспечения жизнедеятельности предприятия приходится формировать необходимые фонды (развития производства, заработной платы и т.п.), рассчитываться с бюджетом (моделируется действующая система налогообложения), вести кредитную политику (можно брать кратко- и долгосрочные кредиты) и т.д.

Механизм управления предприятием имитируется, во-первых, определенным информационно-аналитическим обеспечением о состоянии предприятия и окружающей среды (обратная связь), причем так, что те или иные данные открываются по требованию обучающегося; во-вторых, запросами со стороны модели к обучающемуся на принятие решений по тем или иным параметрам с определенным временным тактом – отражение специфики оперативного, текущего и перспективного управления. В процессе управления моделью можно «делегировать» некоторые свои полномочия автоматическим «помощникам», например, поручить вести кадровую политику «максимального набора работников» или «сохранения баланса численности работников и наличия фондов» и т.п. Можно использовать более «квалифицированного служащего», оптимизирующего некоторую управленческую функцию. Но для этого надо осознать соответствующую задачу как оптимизационную, ее поставить и дать разумный критерий, которому «помощник» затем будет аккуратно (или «тупо») следовать, что отлично, конечно, от человеческой исполнительности. Использование автоматических помощников уменьшает нагрузку по маловажным, с точки зрения обучающегося, направлениям и позволяет ему сконцентрироваться на актуальных. Таким образом, обучающиеся приобретают навыки формирования механизма управления «под себя» и под ситуацию, а у преподавателя появляется возможность оценивать успешность обучения по числу «прожитых» моделью тактов за фиксированное время и по кадровой политике обучающихся.

После освоения техники управления отдельным предприятием программа курса предлагает тренинг на сети ЭВМ, когда несколько модельных предприятий взаимодействуют на общих рынках труда, сбыта и снабжения. Возможно сценарное регулирование остроты конкуренции на каждом рынке: например, общий объем трудовых ресурсов в модели может быть жестко ограничен (наиболее конкурентная ситуация) или с той или иной интенсивностью подпитываться экзогенными миграционными потоками.

Следующий этап усложнения тренажера – имитация управления экономическим регионом: в сеть моделей хозяйствующих субъектов, кроме предприятий, вводятся коммерческие банки и орган региональной власти с функциями формирования местного бюджета, дополнительного (к федеральному) налогообложения, проведения экономической и социальной политики и т.п. Значительно усложняется эндогенная модель населения: появляется понятие потребительских ориентиров и с ними связанная мотивация трудовой деятельности, зависимость трудовой активности от состояния потребительского рынка, размера и формы оплаты труда и т.д. Население дает нагрузку на бюджет по финансированию образования, здравоохранения и социального обеспечения. Экзогенно задаваемая ситуация вне региона мотивирует миграционные потоки населения, межрегиональное движение товаров, капитала и т.п. Через многоуровневую имитационную игру обучающиеся осваивают обстоятельства и особенности регионального управления во взаимодействии с уровнем микроэкономики при различных вариантах разделения полномочий между уровнями власти.

Для отработки приемов регионального управления используется адаптированная модель [2], которая отражает характерные обстоятельства управления экономически самостоятельными хозяйствующими субъектами средствами рыночных рычагов воздействия на их поведение. В динамике эндогенно моделируется хозяйственная деятельность большого числа (десятки, сотни – зависимо от настройки) фермеров, каждый из которых может потенциально производить около двух десятков видов сельскохозяйственной продукции (зерно, мясо, молоко и т.п.), используя для этого около десятка видов производственных ресурсов (земля, здания, тракторы, удобрения и т.п.). Все фермеры имеют в основе один алгоритм поведения (система оптимизационных моделей планирования, методов прогноза экономической ситуации, анализа хозяйственной деятельности и т.п.), но конкретное поведение каждого в отдельные

моменты зависит от его состояния (наличия основных фондов, запасов сырья и продукции, накопленных денежных ресурсов, кредитных возможностей и т.п.), точности анализа и прогноза. Неодинаковость начальных положений и стохастичность ряда моделируемых переменных (урожайности, цен, объемов сбыта и т.п.) разнообразят положение и судьбу фермеров в динамике, вплоть до возможного разорения, концентрации производства на монопродукте и т.п., а естественная локальность оптимизационных процедур определяет индивидуальное поведение в конкретных обстоятельствах.

Производственная деятельность фермеров происходит в определенной рыночной среде: существуют рынки сбыта производимой продукции и производственных ресурсов со своими задаваемыми функциями спроса и предложения. Кроме этого, фермеры «действуют» в условиях конкретных налоговых и кредитных систем.

Обучающимся доступны следующие рычаги управления: ставки налогообложения (федеральные и региональные), объемы и цены закупок (на фоне экзогенно задаваемых коммерческих), объемы и цены продаж производственных ресурсов (аналогично закупкам продукции), условия льготного кредитования и т.п. Так же как и в предыдущем случае, обучающимся предлагается, оперируя доступными рычагами управления, добиться в динамике некоторого «хорошего» результата: производства и (или) потребления продукции в желаемой структуре и объемах, полноты бюджетных поступлений, рентабельности производства у фермеров и т.п. Начальной настройкой можно в любой мере затруднить достижение этих целей, задавая «тяжелые» условия по экзогенным функциям спроса на продукцию и предложения ресурсов (ситуация «ножниц цен»), выделения коммерческих кредитов, ликвидности фондов, ограничений на доступность рычагов воздействия и т.п.

Технически используемые в курсе модельные тренажеры реализованы по единой схеме. Сеансу игры с моделью предшествует работа специального программного средства – настройщика модели. С его помощью обеспечивается корректная калибровка модели и создается определенная исходная ситуация как на состояние модели, так и на экзогенные условия. Это делается преподавателем в диалоге с ЭВМ.

С помощью настройщика формируется также тот или иной механизм управления объектом (моделью). Обучающимся из множества возможных управленческих переменных делаются доступными лишь некоторые из них (отражение условий механизма управления) и поставляется та или иная информация о текущем состоянии объекта, причем возможно имитировать запаздывание информации, ее неполноту (избыток), недостоверность, ограниченное время на принятие решений и т.п. При выбранном шаге модельного времени все эндогенные процессы в модели и сама система управления моделью настраиваются с учетом их естественных динамических характеристик.

Наиболее удачные сценарии по желанию преподавателя запоминаются в библиотеке настройщика и затем без задержек запускаются в учебном процессе. Можно хранить результаты имитационных игр индивидуально по каждому обучающемуся и за весь курс обучения для анализа и оценки, как по отдельному сценарию, так и по всему курсу.

Именно анализ результатов учебных игр и их оценка оказались наиболее трудным и трудоемким моментом в технологии обучения на тренажерах. Дело не только в том, что эта оценка по существу многокритериальна (а оценить желательнее скалярно), но и в том, что игровой сеанс порождает огромное количество информации: число студентов, умноженное на десятки критериальных показателей, затем на несколько прогонов модели и на много шагов модельного времени. Анализ этой информации делается для нескольких целей: чтобы зафиксировать, что собственно произошло в итоге (что плохо и что хорошо); для ответа на вопрос, почему получен такой результат и для оценки результата в скалярном виде.

Анализ для первых двух целей может проводиться и обучающимися после каждого прогона модели. Эффективно делать его при коллективном обсуждении результатов после нескольких прогонов модели по данному сценарию. В этих обсуждениях и в наглядном сопоставлении результатов очевиднее достижения каждого студента и, главное, легче и быстрее выявляются и распространяются лучшие приемы управления.

Преподавателю в учебном процессе, кроме этого, важно иметь основу для скалярной оценки итогов. Первый и естественный подход здесь состоит в визуальной оценке преподавателем результатов при машинной поддержке в «сжатии» информации, ее наглядном отображении, выделении парето-оптимальных вариантов и т.п. Подключение к этому процессу методов теории распознавания образов [4] позволяет автоматизировать получение оценок, «научив» ЭВМ следовать критериям преподавателя.

Другой подход, не исключая преподавателя, но существенно ему помогающий состоит в следующем.

Можно уверенно предположить, что обучающиеся в ходе управленческой деятельности осознанно или неосознанно следуют неким своим критериям качества, несмотря на то, что, может быть, заданные сценарно требования от них отличаются. Естественно пытаться оценить «обучаемость» управлению прежде всего относительно этих имманентных слушателям критериев, отделив умение владеть объектом от того, ради чего это умение применяется. Первое, очевидно, и составляет основу понятия управленческого профессионализма в узком смысле. Целеполагание же должно быть предметом этического воспитания менеджеров в той мере, в какой оно не является чисто техническим моментом в процессе выработки управленческих решений.

Известны приемы выявления имманентных функций полезности у экспертов (обучающихся, в нашем случае) после получения от них минимальной информации, например путем опроса. Удобно то, что такая функция может дать скалярную оценку качеству управления, а результаты за некоторое время обучения (пока не изменится функция) могут быть легко сопоставимы.

Для выявления функции полезности был использован метод [5, 6], дающий порядковую функцию $U(X)$ на множестве векторных оценок X – экономических показателей, характеризующих состояние управляемого объекта. Функция получается на основе того главного предположения, что из предпочтения экспертом вектора x вектору y (x, y, X) должно следовать соответствующее отношение значений функции и наоборот: $x \succ y \Rightarrow U(x) > U(y)$.

В нашем случае в диалоге выявляется, прежде всего, тот набор показателей, по которому каждый студент оценивает состояние объекта, причем этот набор формируется без ограничений по составу и индивидуально с каждым обучающимся.

Затем генерируется множество векторов X из случайных (или наигранных каждым студентом) значений показателей. Можно использовать для этого результаты игр по одному сценарию и со сходной калибровкой модели.

Затем каждому обучающемуся предлагается в попарных сравнениях векторов упорядочить их по предпочтению, возможно, с вероятностной оценкой присваиваемого отношения. Этой информации достаточно, чтобы с порядковой точностью получить скалярную функцию полезности в заданном классе: линейных, квадратичных, логарифмических и т.п.

В экспериментах 1995 – 1997 гг. использовались все эти виды функций без принципиального различия для последующих выводов. Функции определялись на четырех – семи показателях. Для учебных игр с моделью предприятия обычно это были следующие показатели: размер предприятия (число работников, объем основных производственных фондов), качество финансовой деятельности (прибыль, рентабельность, задолженность по налогам, кредиты), технический уровень (качество установленного оборудования, выпускаемой продукции), трудовая политика (зарплата, текучесть кадров) и т.п. Обычно это были показатели, снимаемые непосредственно с модели, но не их производные. Например, студентами не отслеживалось соотношение динамики спроса на качественную продукцию (наиболее дорогую, но не обязательно самую доходную) с динамикой качества выпускаемой продукции и перевооружения предприятия. Это было поводом для специальных межигровых обсуждений и занятий по НТП.

Восстановленные функции полезности вычислялись по итогам учебных игр в рамках одного сценария. На рис. 1 приведены типичные графики этих функций для двух студентов (аналитический вид функций одинаков, но по коэффициентам и показателям они индивидуальны для каждого студента, а по начальному значению графики совмещены масштабным множителем). Кривые характеризуют два крайних случая обучаемости: в первом студент явно овладевает ситуацией и от такта к такту повышает результат, во втором картина обратная – результат неустойчив и в целом не повышается в динамике игры.

Описанные тренажеры составляют практическую основу курса. Теоретическая (лекционная) часть формируется независимо от конкретных целей обучения и места курса в системе других предлагаемых студентам дисциплин. Занятия на тренажерах дают естественное обоснование для лекций по смежным экономическому менеджменту дисциплинам:

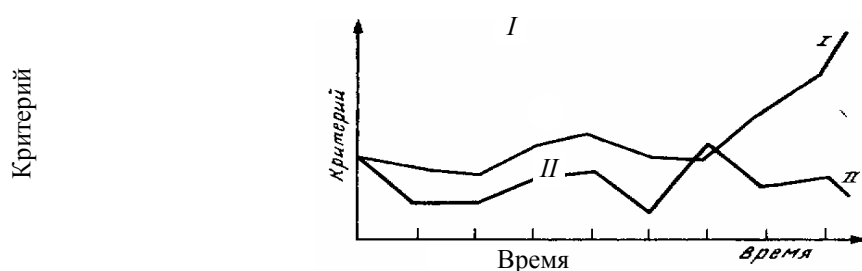


Рис. 1

от управления производством, например, к календарному планированию и далее к теории оптимизации; от управления трудом – к его мотивации, экономической социологии, трудовому праву, социальной психологии и т.д. Настоящий курс консолидирует и активизирует знания из этих дисциплин в привлекательной для обучающихся игровой форме.

В управленческом аспекте на каждой ступени усложнения тренажера и повышения уровня управления у обучающихся следует вырабатывать навыки эффективных действий по известной цепочке менеджерской технологии: сбор информации об объекте управления – анализ (идентификация ситуации) – прогноз – оценка – целеполагание и планирование действий – реализация – информация (обратная связь). Важно, чтобы в каждой управленческой роли в сознании у обучающихся складывалась логическая модель эндо- и экзогенных связей управляемого объекта и соответствующие навыки количественной ее калибровки по минимуму информации. Эта ментальная модель благодаря лекционному материалу должна быть в итоге шире представленной в тренажере, но навыки ее калибровки и необходимый автоматизм их применения могут быть первоначально приобретены преимущественно в тренаже на моделях. Поэтому в процессе обучения необходимо часто менять количественную настройку одной и той же модели, элиминируя тем самым значение численной конкретики и оставляя в сознании лишь логику (модель) связей.

Представляется полезным постепенное восхождение в процессе обучения по уровням управления от микро- к макрозадачам экономического менеджмента. Используемые в курсе тренажеры позволяют отрабатывать лишь некоторые задачи макроуровня: налоговое регулирование экономической деятельности (ставка, льготы, правилами и т.п.), диверсификация (конверсия) совокупности технологически связанных предприятий и др.

Для достаточно полноценного представления условий макроэкономического управления модели должны обладать рядом необходимых качеств: в них должна быть богато представлена социально-экономическая компонента экономики, откуда, в частности, должны эндогенно формироваться мотивы и цели экономической деятельности хозяйствующих субъектов, а социальные показатели в динамике должны быть результатом экономического управления и базой для его оценки. Инструментальные (управляемые) переменные модели должны, прежде всего, формировать пространство экономического поведения для хозяйствующих субъектов, которые, в свою очередь, должны быть наделены экономическим «интеллектом» для распознавания границ этого пространства, целеполагания и выбора поведения и т.д. Создание макромоделей с такими свойствами – актуальная задача развития идей курса. Опыт последних лет убеждает в том, что в подготовке менеджеров макроуровня важнейшей становится этическая сторона обучения, поэтому такие специалисты должны готовиться в специальных школах, на что потребуется времени много больше, чем его обычно надо для высшего образования.

Использование модельных тренажеров в учебном процессе показывает их высокую эффективность в самых разных аспектах. Вырабатываются конструктивные навыки эффективных действий в различных тяжелых ситуациях управленческого цейтнота, неблагоприятной динамики рынка и т.п., появляется возможность оценивать способности обучающихся к менеджерской деятельности в различных направлениях (производство, сбыт, финансы) и на разных этапах экономического управления. Можно овладеть искусством экономического управления, минуя тяжелый и дорогостоящий путь опытного «выращивания» специалистов. Тестирование на модели, кроме того, способствует индивидуализации программ обучения и, что немаловажно, делает современный модельный инструментальный привычным и необходимым в будущей ответственной деятельности хозяйственных руководителей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Модельные эксперименты с механизмами экономического управления. М.: Наука, 1989.
- 2 Житков В.А., Морозов А.В., Царфин Л.В. Модельный инструментальный для прогноза фермерского производства // Экономика и математические методы. 1994. Т. 30. Вып. 4.
- 3 Макаров В.Л. Теоретические основы экспериментальной экономики // Экономист. 1995. № 9.
- 4 Тул Дж., Гонсалес Р. Принципы распознавания образов. М.: Мир, 1978.
- 5 Фишберн П. Теория полезности для принятия решений. М.: Наука, 1978.
- 6 Гаврилец Ю.Н. Целевые функции социально-экономического планирования. М.: Экономика, 1983.
- 7 Иванников А. Д., Ижванов Ю. Л. Образование в мире и в России на базе компьютерных сетей и информационных технологий: достижения и перспективы // Телекоммуникационные сети и информационные ресурсы. М.: ИЦПКПС, 1998. 12 с.

8 Дзегеленок И.И. Сетевые образовательные технологии и проблема актуализации знаний // Проектирование образовательных информационных ресурсов, систем и технологий: Сб. докл. М.: ИЦПКПС, 1998. С. 3 – 9.

9 Дзегеленок П.И. Интеграция сетевых информационных ресурсов для мобильной образовательной среды // Качество, содержание и технологии образования: Тез. докл. М.: ИЦПКПС, 1998. С. 80 – 83.

10 Житков В.А., Исаева М.К., Корнейчук А.А. Модельные тренажеры для менеджерской подготовки экономистов // Экономика и математические методы. 1998. № 4.

11 Берников А.Р., Графов Р.П. Согласование экспертных оценок для формирования модели деятельности оператора в тренажерах // Информационные технологии. 2003. № 6.

12 Аверьянов Л.Я., Рунов А.В. Интернет как форма дистанционного обучения // Информационные технологии. 2003. № 4.

13 Усков В.Л., Шереметов Л.Б. Современные подходы к созданию системы обучения на базе сети Интернет // Информационные технологии. 2001. № 9.

14 Монахов М.Ю. Информационная образовательная сеть (Научно-методические основы построения и применения) // Информационные технологии. 2001. № 7.

15 Львович Я.Е., Кострова В.Н., Долгих Д.В. Использование информационных технологий в образовательном процессе // Информационные технологии. 2001. № 3.

16 Пронина Г.Е., Бадалян П.Г. Изучение ГИС-технологий и их уникальных возможностей в виртуальной среде дистанционного обучения // Информационные технологии. 2000. № 3.