Управление в социально-экономических системах
2008. №1(15)

УДК 519.862.8

© 2008 г. **А.С. Величко**, канд. физ.-мат. наук
(Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН, Владивосток)

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕЖРАЙОННЫХ ТОРГОВЫХ СВЯЗЕЙ[1]

Рассматривается задача определения межрайонных торговых потоков в рамках энтропийного подхода и модели частичного равновесия в поведении домохозяйств и производителей. Моделируются торговые связи на примере районов Приморского края с целью выделить состав потенциальных городских агломераций. Построена дендрограмма иерархии межрайонных торговых связей для некоторых территорий.

Введение

Широко известные модели межотраслевого баланса, развитые лауреатом Нобелевской премии по экономике В.В. Леонтьевым, служат удобным инструментом исследования взаимосвязи экономических показателей на уровне страны в целом и ее отдельных регионов. Подобный класс моделей позволяет увязать макроэкономические показатели развития национальной экономики с макро- и микроэкономическими показателями отдельного региона на уровне отдельных отраслей или продуктов. Межотраслевая модель для прогнозирования межрегиональных перетоков продукции была предложена В.В. Леонтьевым в совместной работе с А. Строутом [4, с.344].

Кроме моделей межотраслевых межрегиональных связей, широкое применение получили модели общего равновесия с позиций «новой экономической географии» и региональные эконометрические модели, которые дополняются гравитационными методами для моделирования пространственных взаимодействий [7].

Для оценки параметров используемых функций полезности, издержек и производственных функций в моделях общего равновесия и для оценивания гравитационного уравнения эконометрическими методами необходим большой объем данных о поведении отдельных экономических субъектов. Полученные оценки в нелинейных моделях могут не обладать важными статистическими свойствами – такими как несмещенность и состоятельность, может наблюдаться пространственная автокорреляция ошибок (spatial autocorrelation).

В монографии [3] используется энтропийный подход на основе межотраслевых многорегиональных моделей, применяемый для моделирования равновесных торговых потоков, пассажирских перевозок, миграционных процессов. Одно

[1] Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ-ДВО 06-III-A-01-459.

из достоинств такого подхода – использование минимального количества информации о поведении экономических агентов. Аналогичный подход используется в транспортно-градостроительных моделях с энтропийным оператором [1, 8].

В данной работе считается, что энтропийный подход к моделированию соответствует определенному типу рыночного поведения производителей и/или домохозяйств – осуществлению предложения и предъявлению спроса на товары и услуги в конкурентной среде.

Один из современных подходов к моделированию равновесных потоков состоит в разработке моделей, исходящих только из принципа равенства спроса и предложения на товары и услуги в результате микроописания поведения домашних хозяйств и производителей. Такие задачи формулируются в виде оптимизационных или вариационных постановок с учетом структуры транспортной сети [5].

Подобный анализ может проводиться для разного уровня агрегации: на уровне регионов и городских агломераций. Для моделей уровня регионов (например, [6]) возникает проблема точности представления транспортной сети. При дезагрегации модели до уровня городских агломераций уточняется транспортная сеть, однако основная сложность состоит в том, что коэффициенты прямых затрат агломерации по отраслям сложно оценить, используя национальные данные, поскольку они будут иметь большой уровень ошибки. Методика прогнозирования по неполным данным требует знания матрицы прямых затрат региона за какой-либо год, используемой в качестве первого приближения для прогнозирования ее значений в последующие годы. Поэтому для модели городских агломераций можно отказаться от знания точной структуры потоков промежуточной продукции.

Рассматриваемый тип моделей для уровня городских агломераций использует информацию о структуре производства конечной продукции отраслями районов, характере транспортной сети и затратах на производство (издержек) и транспортировку товаров между районами.

Моделирование поведения домохозяйств и производителей

Микроэкономическое моделирование поведения агентов, объясняющее потоки продуктов между регионами, рассматривается в рамках «гравитационного подхода» (например, [9]).

Рассмотрим экономику N торгующих друг с другом регионов, в каждом из которых производится M товаров и услуг конечного спроса. Возьмем для простоты один агрегированный ресурс, требуемый в каждом регионе для производства товаров и услуг. Продукты потребляются частным сектором, т.е. домохозяйствами, которые несут потребительские расходы на приобретение товаров первой необходимости, услуг и товаров длительного пользования. Фирмы осуществляют валовое накопление основного капитала с учетом изменения запасов материальных оборотных средств. Общественное потребление представляет собой расходы государственных учреждений и некоммерческих организаций, обслуживающих домашние хозяйства. Данная постановка задачи может рассматриваться в рамках однофакторной агрегированной модели N-отраслевой экономики.

Производители каждого из рассматриваемых регионов обеспечивают потребителей данного региона товарами собственного производства, вывозят часть произведенного продукта в другие регионы, удовлетворяя потребности домохозяйств. В свою очередь в данный регион ввозятся продукты, производимые на территории других регионов.

Для каждого региона i и продукта r рассмотрим набор переменных z_{ij}^r, представляющих собой объемы вывозимых продуктов из регионов i в регионы j.

В рамках применяемой однофакторной модели считаем, что регион использует один агрегированный ресурс в процессе производства продуктов, затраты которого зависят от объемов производимых в регионе i конечных продуктов, предназначенных для вывоза в регион j. Производственный процесс представлен функцией издержек

$$R_{ij} = \left[\sum_{r=1}^{M} (z_{ij}^r)^{r_i} \right]^{1/r_i},$$

с постоянной эластичностью замещения $g_i > 0$, $r_i = (1 + g_i)/g_i > 1$.

Пусть P_{ij}^r – цена предложения продукта r с учетом производства и транспортировки, который ввозится из региона i в регион j.

В процессе производства конечного продукта в каждом регионе i компании выбирают объем производства, максимизируя прибыли p_{ij}, которые образуются как разность между суммарной выручкой от реализации произведенных продуктов и издержек ресурса:

$$p_{ij} = \sum_{r=1}^{M} P_{ij}^r z_{ij}^r - R_{ij}. \tag{1}$$

Обозначим за R_{ij}^r объем используемого фактора производства в регионе i при производстве продукта r, вывозимого в регион j. Предположим, что величины A_i составляют суммарный объем используемого фактора производства в регионе i и они одинаковы для всех j, так что

$$\sum_{r=1}^{M} R_{ij}^r = R_{ij} = A_i. \tag{2}$$

Максимизируем функцию прибыли (1) при ограничениях (2). Функция издержек R_{ij} является строго выпуклой по z_{ij}^r при $r_i > 1$, поэтому функция прибыли строго вогнута. Необходимые условия экстремума имеют вид $P_{ij}^r = lR'$, где ' – производная по z_{ij}^r. Поскольку оптимизационные задачи решаются для фиксированных i, j, будем опускать эти индексы при записи величин R_{ij}, l_{ij}. Для производной функции издержек имеем $R' = R^{1-r_i} \cdot (z_{ij}^r)^{r_i - 1}$. Тогда:

$$z_{ij}^r(l) = \left(\frac{P_{ij}^r}{lR^{1-r_i}} \right)^{1/(r_i-1)} = \left(\frac{P_{ij}^r}{lA_i^{1-r_i}} \right)^{1/(r_i-1)},$$

с учетом ограничения $R = A_i$.

Подставляя $z_{ij}^r(l)$ в необходимые условия экстремума, получим:

$$P_{ij}^r = l\left(\sum_{r=1}^{M}\left(\frac{P_{ij}^r}{lA_i^{1-r_i}}\right)^{r_i/(r_i-1)}\right)^{(1-r_i)/r_i} \cdot \left(\left(\frac{P_{ij}^r}{lA_i^{1-r_i}}\right)^{1/(r_i-1)}\right)^{r_i-1} =$$

$$= l\left(\frac{1}{lA_i^{1-r_i}}\right)^{-1}\left(\sum_{r=1}^{M}\left(P_{ij}^r\right)^{r_i/(r_i-1)}\right)^{(1-r_i)/r_i} \cdot \left(\frac{P_{ij}^r}{lA_i^{1-r_i}}\right) =$$

$$= lP_{ij}^r\left(\sum_{r=1}^{M}\left(P_{ij}^r\right)^{r_i/(r_i-1)}\right)^{(1-r_i)/r_i}.$$

Отсюда $l^* = \left(\sum_{r=1}^{M}\left(P_{ij}^r\right)^{r_i/(r_i-1)}\right)^{(r_i-1)/r_i}$. Подставляя оптимальные двойственные переменные l^* в $z_{ij}^r(l)$, получим:

$$z_{ij}^r = A_i(P_{ij}^r)^{1/(r_i-1)}\left(\sum_{r=1}^{M}\left(P_{ij}^r\right)^{r_i/(r_i-1)}\right)^{-1/r_i}.$$

Понятно, что $1/(r_i-1)=g_i$, $r_i/(r_i-1)=1+g_i$, тогда получим выражение для оптимального потока продуктов

$$z_{ij}^r = A_i(P_{ij}^r)^{g_i}\left[\sum_{r=1}^{M}(P_{ij}^r)^{1+g_i}\right]^{-g_i/(1+g_i)}. \qquad (3)$$

Достаточные условия максимума в точке экстремума выполняются, единственность максимума достигается в силу строгой вогнутости функции прибыли.

Переобозначим $c_{ij}^r = (P_{ij}^r)^{-g_i}\left[\sum_{r=1}^{M}(P_{ij}^r)^{1+g_i}\right]^{g_i/(1+g_i)}$, тогда выражение (3) может быть переписано в виде

$$\sum_j c_{ij}^r z_{ij}^r = M \cdot A_i. \qquad (4)$$

Величина c_{ij}^r отражает цену предложения продукта с учетом издержек на его производство и транспортировку в другие регионы. Действуя на конкурентном рынке, производитель является «ценополучателем», т.е. равновесная цена продукта определяется ценой спроса во ввозящем регионе. Цена предложения продукта должна падать с ростом расстояния до рынка района, на котором реализуется данный продукт. Компании из удаленных регионов идут на это, чтобы конкурировать за рынок с местными производителями, которые могут предлагать более высокие цены предложения из-за более близкого расположения к рынку сбыта продукта.

Можно считать, что цена предложения связана с характеристикой продукта и расстоянием между районами d_{ij}, т.е. $P_{ij}^r = k^r - f(d_{ij})$, где $f(\cdot)$ – возрастающая функция. В этом случае затраты на транспортировку c_{ij}^r являются возрастающей функцией от расстояния между районами.

Пусть ограничение на использование такого агрегированного фактора производства существует в рамках макрорегиона, – например, Дальнего Востока в целом. Данное условие запишем в виде $\sum_{i=1}^{N} A_i \le C$, где C – известная величина, которой ограничены сверху суммарные издержки на производство и транспортировку продуктов в вывозящих районах i.

Тогда с учетом (4) получим ограничение вида:

$$\sum_i \sum_j c_{ij}^r z_{ij}^r \le M \cdot C. \tag{5}$$

Такой вид полученного ограничения (5) обусловлен специальными предположениями о величинах c_{ij}^r. В качестве c_{ij}^r можно выбирать другое распределение издержек в зависимости от расстояния и цен предложения, в этом случае соотношение (3) после суммирования по i и j будет иметь вид:

$$\sum_i \sum_j c_{ij}^r z_{ij}^r \le C^r, \tag{6}$$

где C^r – величины, зависящие от остальных параметров модели. Проблема использования такого подхода заключается в том, что величины C^r не имеют интерпретируемого экономического смысла и должны подбираться экспериментально, – например, эконометрическим моделированием цен предложения на продукты в зависимости от расстояний между торгующими районами.

Домохозяйства покупают продукты на конкурентном рынке, однако в сложившейся системе цен их расходы на покупку данного продукта ограничены величиной доли ВРП по данному продукту в регионе, которое считаем равным расходам на покупаемый продукт V_j^r. Поэтому существует естественное бюджетное ограничение на суммарный ввоз продукта в регион, которое можно записать в виде

$$\sum_{i=1}^{N} z_{ij}^r = V_j^r. \tag{7}$$

Энтропийный подход к моделированию межрайонной торговли

В теории региональной экономики с точки зрения рыночного равновесия, т.е. простого баланса спроса и предложения продуктов, можно показать, что торговые потоки между районами записываются в виде гравитационного уравнения, параметры которого которое затем могут оцениваться эконометрическими методами. Аналогичное по структуре решение для торговых потоков между регионами можно получить в рамках энтропийного подхода [2].

Поставим задачу определения равновесных потоков продуктов между районами в предположении конкурентного межрегионального рынка распределения продукта.

В данном случае под конкурентной средой при производстве и распределении продуктов понимается тот факт, что производитель, не обладая информацией о ценах на продукты, вынужден ориентироваться на баланс между спросом и предложением продукта, регулируя лишь объемы производства продуктов в собственном регионе и отслеживая динамику продаж собственной продукции в других районах. В этом случае производители каждого их районов стремятся к распределению продуктов во всей системе районов, поскольку важным становится именно присутствие товара и его доступность для домашних хозяйств. Компании стремятся ввезти и обеспечить другие районы продукцией, расширяя границы сбыта, развивая систему розничной дистрибьюции, затрачивая деньги на маркетинг продукта, повышение его качества и т.п., поскольку не могут существенно влиять на равновесную цену рынка. О такой структуре рынка экономисты говорят, что в ней производители являются «ценополучателями» (price-takers), а домашние хозяйства «устанавливают» цены (price-makers).

В данных предположениях нормативный подход минимизации издержек при распределении (транспортировке) продуктов в различных районах теряет свой экономический смысл.

Для описания систем с частично неизвестной информацией или систем с абстрагированием от несущественных деталей можно использовать понятие энтропии. Типичным примером использования энтропии служит переход от описания системы на микроуровне к макроуровню. Этот подход хорошо зарекомендовал себя в статистической физике, а также во многих других отраслях научного знания.

Применительно к рассматриваемой модели назовем набор всевозможных значений потоков продуктов между районами состоянием системы. Множество всех состояний характеризует описание системы на микроуровне. Распределением потоков в системе будем называть некоторый набор $\left\{z_{ij}^r\right\}$ потоков продуктов, который характеризует свойства системы на макроуровне.

Существует много состояний, приводящих к одному и тому же распределению потоков продуктов. Предположим, что каждое «состояние системы» осуществляется с равной вероятностью. Тогда можно найти наиболее вероятное распределение, определив набор потоков $\left\{z_{ij}^r\right\}$, с которыми связано наибольшее число состояний системы. Отметим, что эти вычисления можно провести в условиях отсутствия априорной информации о поведении отдельных экономических агентов.

Обозначим через $W\left(\{z_{ij}^r\}\right)$ количество состояний, соответствующих набору торговых потоков $\left\{z_{ij}^r\right\}$. Подсчитать суммарное количество состояний распределения потоков можно следующим образом. Пусть Z – общий товарный поток, равный $\sum_i\sum_j\sum_r(z_{ij}^r)$. Сначала выберем из общего количества состояний распределения потоков Z величину z_{11}^1, затем из оставшегося количества состояний Z-z_{11}^1

выберем z_{11}^2 и т.д. Таким образом, число состояний есть $C_Z^{z_{11}^1}$, то есть число способов выбрать z_{11}^1, из Z, умноженное на $C_{Z-z_{11}^1}^{z_{11}^2}$ – число способов выбора z_{11}^2 из Z-z_{11}^1 и т.д. В итоге получим, что $W\left(z_{ij}^r\right)= C_Z^{z_{11}^1}\cdot C_{Z-z_{11}^1}^{z_{11}^2}\cdot$..., или

$$W\left(\{z_{ij}^r\}\right)=\frac{Z!}{(z_{11}^1)!(Z-z_{11}^1)!}\frac{(Z-z_{11}^1)!}{(z_{11}^2)!(Z-z_{11}^1-z_{11}^2)!}\cdots=\frac{Z!}{\prod\limits_{r,i,j} z_{ij}^r!}.$$

Таким образом, задача определения наиболее вероятного распределения потоков соответствует задаче максимизации функционала

$$\ln W\left(\{z_{ij}^r\}\right)=\ln\left[\left(\sum_i\sum_j\sum_r(z_{ij}^r)\right)!\right]-\sum_i\sum_j\sum_r(z_{ij}^r)!.$$

При больших по абсолютной величине товарных потоках z_{ij}^r можно воспользоваться асимптотической формулой Стирлинга, тогда получим функционал вида

$$H=-\sum_i\sum_j\sum_r z_{ij}^r\ln z_{ij}^r\ . \qquad (8)$$

Величина H называется энтропией системы распределения товарных потоков, по аналогии с определением наиболее вероятного состояния системы на макроуровне, которое соответствует максимуму энтропии.

Далее необходимо вычислить набор значений потоков

$$\left\{z_{ij}^r:\ i,j=\overline{1,N};r=\overline{1,M}\right\},$$

который максимизирует величину H при дополнительных ограничениях (5) и (8).

Экстремальная задача (8) с ограничениями (6), (7) может рассматриваться при дополнительных предположениях на ограниченность производства и потребления. В частности, целесообразным представляется добавление дополнительных ограничений на производство и/или потребление.

Увеличение выпуска вследствие экстенсивного роста затрат используемых факторов (физического и человеческого капитала) имеет долгосрочный характер. Рост потребительских расходов в краткосрочном периоде связан с увеличением располагаемых доходов. Поэтому использование этих ограничений может быть полезно при краткосрочных целях прогнозирования развития изучаемой группы регионов.

Численные эксперименты

Для моделирования были получены сведения Приморского центра государственной статистики по отраслевой структуре валового регионального продукта в разрезе территорий Приморского края за 2004 г. (данные получены по специальному запросу, поскольку в таком виде в открытой печати публиковались).

Перечень отраслей народного хозяйства по ОКОНХ и порядок их нумерации приведен в табл. 1.

Таблица 1

№ пп.	Название отрасли	№ пп.	Название отрасли
1	Электроэнергетика	13	Строительство
2	Топливная (угольная)	14	Торговля и общественное питание
3	Нефтяная промышленность	15	Внешняя торговля
4	Машиностроение и металлообработка	16	МТС и сбыт
5	Лесная промышленность	17	Жил.-комм. хозяйство
6	Промышленность стройматериалов	18	Народное образование
7	Легкая промышленность	19	Культура и искусство
8	Пищевая промышленность	20	Научные организации
9	Сельское хозяйство	21	Финансы, кредит, страхование
10	Лесное хозяйство	22	Управление
11	Транспорт	23	Общественные объединения
12	Связь		

Были объединены данные по Дальнереченскому району и г. Дальнереченску, Уссурийскому району и г. Уссурийску, Лесозаводскому району и г. Спасск-Дальнему, Спасскому району и г. Спасск-Дальнему, являвшимися независимыми административно-территориальными единицами (по состоянию на 2004 г.). Данные по ЗАТО г. Фокино и г. Большой Камень отсутствуют. В качестве центра Шкотовского района выбран г. Большой Камень.

Была получена матрица минимальных расстояний между районными центрами и городами Приморского края. В табл. 2 приведен перечень и нумерация населенных пунктов края, которые выбирались в качестве районных центров.

Таблица 2

№ нас. пункта	Название населенного пункта	Район (город)	№ нас. пункта	Название населенного пункта	Район (город)
1	Анучино	Анучинский	16	Находка	Находка
2	Арсеньев	Арсеньев	17	Новопокровка	Красноармейский
3	Артем	Артем	18	Ольга	Ольгинский
4	Владивосток	Владивосток	19	Партизанск	Партизанск
5	Владимиро-Александровское	Партизанский	20	Пограничный	Пограничный
6	Вольно-Надеждинское	Надеждинский	21	Покровка	Октябрьский
7	Дальнегорск	Дальнегорск	22	Славянка	Хасанский
8	Дальнереченск	Дальнереченский	23	Спасск-Дальний	Спасский
9	Кавалерово	Кавалеровский	24	Терней	Тернейский
10	Камень-Рыболов	Ханкайский	25	Уссурийск	Уссурийский
11	Кировский	Кировский	26	Хороль	Хорольский
12	Лазо	Лазовский	27	Черниговка	Черниговский
13	Лесозаводск	Лесозаводский	28	Чугуевка	Чугуевский
14	Лучегорск	Пожарский	29	Большой Камень	Шкотовский
15	Михайловка	Михайловский	30	Яковлевка	Яковлевский

Предварительные расчеты проводились для 15 районов и 3 продуктов (первые 15 районов и первые 3 продукта в табл. 1 и 2). Количество переменных задачи равно 675, количество ограничений – 60.

Решение оптимизационной задачи выполнялось с помощью специального программного обеспечения MINOS [10]. Моделировалась различная степень интенсивности взаимодействия между регионами, определяемые величинами C^r.

При обработке результатов использовался кластерный анализ. Для полученной агрегированной матрицы потоков продуктов, т.е. величин $\sum_{r=1}^{M} z_{ij}^r$, построена дендрограмма иерархических связей между объектами, что позволяет выделить в структуре связей «узловые» и периферийные районы. При использовании расстояния городских кварталов (манхэттенское расстояние) между районами получена дендрограмма, показанная на рис. 1, отражающая иерархию межрайонных связей в модели 15 районов и городов Приморского края и 3 продуктов (электроэнергетика, топливная (угольная) и нефтехимическая промышленность).

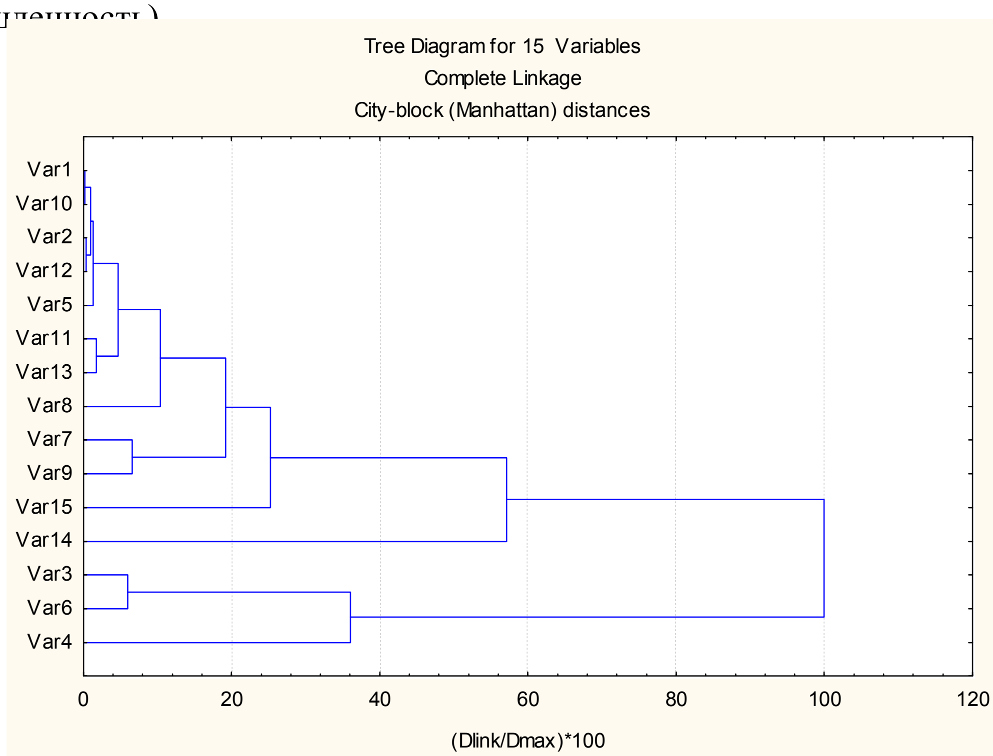

Рис. 1.

Наибольшая сила связей наблюдается между г. Владивостоком (Var4), г. Артемом (Var3) и Надеждинским районом (Var6), которые в данной модели образуют устойчивую агломерацию с точки зрения связей в электроэнергетике.

Вторая агломерация включает в себя остальные районы с различной интенсивностью связей, «центральную» роль в ней играет Пожарский район (г. Лучегорск) (Var14) в силу высоких значений добавленной стоимости в топливной (угольной) промышленности.

Включение других районов и отраслей позволит проанализировать силу связей потенциальных агломераций с ведущей ролью сельскохозяйственного сектора (юго-западные районы Приморского края, примыкающие к территории Китая) и лесного хозяйства северных районов края.

В случае 30 районов Приморского края и 23 продуктов (таково количество отраслей в публикуемых Федеральным агентством по статистике статистических сборниках по межотраслевому балансу), количество переменных задачи равно 30x30x23=20700, а количество ограничений – 30x23+23=713. Для ее решения на ЭВМ с небольшим количеством оперативной памяти необходимы дополнительные усилия. В работе [2] показана возможность декомпозиции ограничений задачи на блоки с окаймлением в межотраслевой постановке.

Заключение

В работе рассмотрена одна из постановок задач энтропийного моделирования для определения в рамках многорегиональной модели равновесных межрегиональных торговых связей. На примере небольшой размерности для районов и городов Приморского края проведены численные эксперименты. Обсуждаются экономические выводы из построенных на основе кластерного анализа иерархических дендрограмм межрайонных связей.

Данная модель может применяться для моделей различного уровня агрегации исходных данных и разной размерности географического пространства, однако в этом случае для проведения вычислительных экспериментов потребуются экономные по использованию памяти численные методы, декомпозиционный подход и специальные параллельные методы расчетов для решения выпуклых нелинейных оптимизационных задач большой размерности с ограничениями блочной структуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Васильева Е.М., Левит Б.Ю., Лившиц В.Н.* Нелинейные транспортные задачи на сетях. – М.: Финансы и статистика, 1981.
2. *Величко А.С.* Моделирование пространственного развития территории в энтропийной многорегиональной межотраслевой модели // III Всероссийская конференция «Проблемы оптимизации и экономические приложения»: Тез. докл. – Омск, 2006. – С.164.
3. *Вильсон А.Дж.* Энтропийные методы моделирования сложных систем. – М.: Наука, 1978.
4. *Леонтьев В.В.* Избранные произведения: В 3 т. – Т.1: Общеэкономические проблемы межотраслевого анализа. – М.: Экономика, 2006.
5. *Лютаев Д.А.* Моделирование транспортной сети Владивостока на основе теории потокового равновесия // Информатика и системы управления. – 2006. – №2(12). – С.17-28.
6. *Моделирование* и территориальное стратегическое планирование для Дальнего Востока России / Абрамов А.Л., Величко А.С., Давыдов Д.В., Достовалов В.Н. // Научные доклады: независимый экономический анализ. – Вып. 159 : Стратегии развития регионов Дальнего Востока России / Московский общественный научный фонд, 2005. – С.35-47.
7. *Рычков О.А., Шевяхова Е.Ю.* Изменение региональной структуры производства в России в переходный период с позиций «новой экономической географии» / Консорциум экономических исследований и образования. – Сер. «Научные доклады». – Научный доклад № 04/10, 2004.
8. *Федоров В.П.* Обзор работ по моделированию функционально-пространственного развития городов // Экономико-математические исследования: математические модели и информационные технологии. – Вып. 2. – СПб.: СПб ЭМИ РАН, 2001. – С.110–128.

9. *Bergstrand J.H.* The Gravity Equation in International Trade: Some Microeconomic Foundations and Empirical Evidence // The Review of Economics and Statistics. – 1985. – Vol. 67, N 3. – P.474-481.
10. *MINOS.* Пакет для решения оптимизационных задач / Университет Стэнфорда, США. – Режим доступа: http://www.sbsi-sol-optimize.com/asp/ sol_product_minos.htm.

Статья представлена к публикации членом редколлегии Е.А. Нурминским.

УДК 519.862.8

© 2008 г. **Д.В. Давыдов,** канд. физ.-мат. наук,
А.А. Тарасов
(Дальневосточный государственный университет, Владивосток)

СУЩЕСТВОВАНИЕ ФУНКЦИЙ ПОЛЕЗНОСТИ ПРИ ИНТЕРВАЛЬНЫХ ПРЕДПОЧТЕНИЯХ С ПОКАЗАТЕЛЕМ[1]

В работе обсуждаются подходы к построению функций полезности с использованием показателя интервальных предпочтений, учитывающего степень субъективной неопределенности при принятии решений.

Введение

Одной из классических задач теории принятия решений является построение функции полезности на основании заданной системы предпочтений лица, принимающего решения. Известные результаты первой половины XX в. [1] – теоремы о существовании функции полезности в условиях полной или статистически достоверной информации – дополнились в 1970–1980-е гг. общей теорией построения функций полезности на основании различных структур предпочтений [2]. Среди них особое положение занимают предпочтения в условиях интервальной неопределенности [3].

Интервальная неопределенность позволяет охватить широкий класс моделей с неполной информацией. Здесь не требуется ни вероятностных распределений параметров, ни достаточного объема статистических данных для оценки этих распределений. Единственная доступная информация – верхние и нижние границы возможных значений неопределенных исходов.

Использование интервальных оценок при принятии решений подтверждается эмпирически [4 – 6]. В частности, проведенное анкетирование [6] позволяет подтвердить гипотезу об интервальном восприятии информации при принятии экономических решений.

Основное внимание в данной работе уделяется построению функции полез-

[1] Работа выполнена при финансовой поддержке ДВО РАН (грант № 06-III-A-01-012).