

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Затылкин В.В., Финаев В.И.* Подбор кадров для современной проектной деятельности // Материалы Международной научной конференции «Проектирование новой реальности» (ПНР-2007). – Таганрог: Изд-во ТПИУФУ, 2007, Ч. 1.
2. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / А.Н.Аверкин, И.З. Батыршин, А.Ф. Блиншун, Б.В. Силаев, Б.Н. Тарасов. – М.: Наука, 1986. – 312 с.
3. *Мелихов А.Н., Берштейн Л.С., Коровин С.Я.* Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. – М.: Наука, 1990. – 272 с.
4. *Zadeh L.A.* Fuzzy logic and approximate reasoning // *Synthese*, 1975. – V. 80. – P.407-428.
5. *Филиппов А.В.* Работа с кадрами. Психологический аспект. – М.: Экономика, 1990.

УДК 519.7

Е.В. Заргарян

МЕТОД РАСЧЕТА НЕЧЕТКОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО БАЛАНСА

Методы формализации параметров неравновесных систем и модели имеют практическое применение в самых различных задачах, связанных с планированием производства и потребления изделий (продуктов) [1, 2]. Одной из важных задач планирования в системе «производство-потребление» является задача расчета количества выпускаемых изделий (продуктов), которые должны быть гарантированно востребованы другими предприятиями [3].

Сложность построения адекватных моделей для неравновесных систем, трудоемкость расчетов при большом количестве параметров неравновесной системы требует разработки имитационной модели и программного приложения, с помощью которых можно будет проводить необходимые исследования и прогнозировать результаты при планировании объемов производств изделий продуктов.

Любые балансовые модели [3-5] не предоставляют возможности сравнения отдельных вариантов получаемых решений и не предусматривают взаимозаменяемости разных ресурсов, что не позволяет сделать выбор оптимального варианта развития неравновесной системы. Предлагаемый метод расчета производственного баланса в совокупности с программным приложением позволяет получать разные результаты при различных исходных данных, составить достаточно информативное представление о тенденциях развития неравновесной системы и эмпирическим путем осуществить выбор.

Исходными данными для модели производственного баланса является матрица коэффициентов затрат ресурсов, требуемых на производство изделий (продуктов), которая позволяет составить таблицу производственного баланса. В таблицу производственного баланса заносятся коэффициенты прямых затрат на производство единицы изделия (продукта).

Поиск данных для ввода в модель производственного баланса в системе «производство-потребление» – непростая задача, т.к. данные реальных объектов далеко не всегда могут быть использованы по многим причинам (начиная от не точности данных и оканчивая коммерческой тайной).

Неточность данных проявляется, например, в следующем. При разработке моделей производственного баланса используется специфическое понятие чистой (или технологической) отрасли, т.е. условной отрасли, объединяющей все производство данного изделия (продукта) независимо от ведомственной подчиненности и форм собственности предприятий. Переход от хозяйственных отраслей к чистым

отраслям требует специального преобразования реальных данных хозяйственных объектов, например, агрегирования отраслей, исключения внутриотраслевого оборота и др. В этих условиях понятия «производственный баланс» и «межпродуктовый баланс» практически идентичны, отличие заключается лишь в единицах измерения элементов баланса [3].

Осуществим модификацию известной общей структуры производственного баланса. Система «производство-потребление» представлена в виде совокупности n отраслей (чистые отрасли), при этом каждая отрасль фигурирует в балансе как производящая и как потребляющая изделие (продукт).

Определим исходные данные:

- ◆ величины межотраслевых потоков изделий (продуктов) и в общем виде обозначаются через \tilde{X}_{ij} , где i и j , $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, n}$ - соответственно номера производящих и потребляющих отраслей (параметр \tilde{X}_{ij} задается в виде интервала);
- ◆ конечная продукция всех отраслей производства;
- ◆ чистая продукция – это сумма оплаты труда и чистого дохода отраслей;
- ◆ сумму амортизации (\tilde{C}_j , $j = \overline{1, n}$) и чистой продукции ($\tilde{V}_j + \tilde{M}_j$) некоторой j -ой отрасли называют условно-чистой продукцией этой отрасли и обозначим через \tilde{Z}_j (параметры \tilde{C}_j , \tilde{V}_j , \tilde{M}_j задаются в виде интервалов);
- ◆ конечное распределение и использование дохода.

Сумма затрат любой потребляющей отрасли и ее условно-чистой продукции равен валовой продукции этой отрасли:

$$\tilde{X}_j \cong \sum_{i=1}^n \tilde{X}_{ij} + \tilde{Z}_j; \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (1)$$

Соотношение (1) показывает стоимостной состав изделий (продуктов) всех отраслей.

Валовая продукция отрасли равна сумме материальных затрат потребляющих ее продукцию отраслей и конечной продукции данной отрасли:

$$\tilde{X}_i \cong \sum_{j=1}^n \tilde{X}_{ij} + \tilde{Y}_i; \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (2)$$

Формула (2) описывает систему из n уравнений, которые называются уравнениями распределения изделий (продуктов) отраслей производства по направлениям использования (система нечеткого баланса, обеспечивающая поиск сбалансированного состояния замкнутой неравновесной системы).

Сумма по всем отраслям уравнения (1) даст $\sum_{j=1}^n \tilde{X}_j \cong \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n \tilde{X}_{ij} + \sum_{j=1}^n \tilde{Z}_j$.

Суммирование уравнений (2) даст $\sum_{i=1}^n \tilde{X}_i \cong \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \tilde{X}_{ij} + \sum_{i=1}^n \tilde{Y}_i$.

Левые части обоих равенств нечетко равны между собой, так как представляют собой весь валовой общественный продукт (в терминах экономики). Первые слагаемые правых частей этих равенств также нечетко равны между собой, а их

величина нечетко равна итогу первого квадранта. Следовательно, должно соблюдаться нечеткое равенство:

$$\sum_{j=1}^n \tilde{Z}_j \cong \sum_{i=1}^n \tilde{Y}_i. \quad (3)$$

Левая часть уравнения (3) эквивалентна сумме третьего квадранта, а правая часть эквивалентна итогам второго квадранта.

Основу информационного обеспечения модели производственного баланса составляет технологическая матрица, содержащая коэффициенты прямых материальных затрат на производство единицы изделий (продуктов). Эта матрица является основой экономико-математической модели производственного баланса. Предполагается, что для производства единицы продуктов (изделий) в j -ой отрасли требуется определенное количество затрат промежуточных продуктов (изделий) i -й отрасли, равно \tilde{A}_{ij} , $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, n}$. Оно не зависит от объема производства в j -й отрасли и является довольно стабильной величиной во времени. Коэффициенты \tilde{A}_{ij} назовем нечеткими коэффициентами прямых материальных затрат и они будут рассчитываться следующим образом:

$$\tilde{A}_{ij} = \frac{\tilde{X}_{ij}}{\tilde{X}_j}; \quad i, j = 1, 2, 3, \dots, n. \quad (4)$$

Коэффициент прямых материальных затрат \tilde{A}_{ij} , $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, n}$ показывает, какое количество продуктов (изделий) i -ой отрасли необходимо, учитывая только прямые затраты, для производства единицы продуктов (изделий) j -ой отрасли. С учетом формулы (4) система уравнений нечеткого баланса (2) будет записана в виде:

$$\tilde{X}_i \cong \sum_{j=1}^n \tilde{A}_{ij} \tilde{X}_j + \tilde{Y}_i; \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (5)$$

Если ввести в рассмотрение матрицу коэффициентов прямых материальных затрат $\tilde{A} = (\tilde{A}_{ij})$, вектор-столбец валовой продукции \tilde{X} и вектор-столбец конечной продукции \tilde{Y} , состоящие из совокупности интервалов:

$$\tilde{X} = \begin{bmatrix} \tilde{X}_1 \\ \tilde{X}_2 \\ \dots \\ \tilde{X}_n \end{bmatrix}, \quad \tilde{Y} = \begin{bmatrix} \tilde{Y}_1 \\ \tilde{Y}_2 \\ \dots \\ \tilde{Y}_n \end{bmatrix},$$

то система уравнений (5) в матричной форме примет вид:

$$\tilde{X} = \tilde{A}\tilde{X} + \tilde{Y}. \quad (6)$$

Систему уравнений (5), или в матричной форме (6) назовем моделью нечеткого производственного баланса. Данная модель позволяет выполнять следующие расчеты:

- ◆ если задать в модели нечеткого производственного баланса величины валовой продукции каждой отрасли (\tilde{X}_i), то можно определить объем конечной продукции каждой отрасли ($\tilde{Y}_j, j = \overline{1, n}$) по формуле

$$\tilde{Y} = (\tilde{E} - \tilde{A})\tilde{X}; \quad (7)$$

- ◆ если задать величины конечной продукции $\forall i = \overline{1, n}, \tilde{Y}_i$, то можно определить величины валовой продукции каждой отрасли ($\tilde{X}_i, i = \overline{1, n}$) по формуле

$$\tilde{X} \cong (\tilde{E} - \tilde{A})^{-1}\tilde{Y}; \quad (8)$$

- ◆ если задать для ряда отраслей величины валовой продукции, а для всех остальных отраслей задать объемы конечной продукции, то можно найти величины конечной продукции первых отраслей и объемы валовой продукции вторых.

В третьей задаче удобнее пользоваться не матричной формой модели нечеткого производственного баланса (4)-(6), а системой линейных уравнений (4), (5). В формулах (7) и (8) \tilde{E} обозначает единичную матрицу n -го порядка, а $(\tilde{E} - \tilde{A})^{-1}$ обозначает матрицу, обратную к матрице $(\tilde{E} - \tilde{A})$. Если определитель матрицы $(\tilde{E} - \tilde{A})$ не равен нулю, т.е. эта матрица невырожденная, то обратная к ней матрица существует. Обозначим эту обратную матрицу через $\tilde{B} = (\tilde{E} - \tilde{A})^{-1}$, тогда систему уравнений в матричной форме (4)-(8) можно записать в виде:

$$\tilde{X} = \tilde{B}\tilde{Y}. \quad (9)$$

Элементы матрицы \tilde{B} обозначим через \tilde{B}_{ij} , тогда из матричного уравнения (9) для любой i -ой отрасли можно получить следующее соотношение нечеткого баланса:

$$\tilde{X}_i \cong \sum_{j=1}^n \tilde{B}_{ij}\tilde{Y}_j, \quad i = \overline{1, 2, \dots, n} \quad (10)$$

Из соотношения (10) следует, что валовая продукция выступает как взвешенная сумма величин конечной продукции, причем весами являются коэффициенты $\tilde{B}_{ij}, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, n}$, которые показывают, сколько всего нужно произвести продуктов (изделий) i -ой отрасли для выпуска в сферу конечного использования единицы продуктов (изделий) j -ой отрасли. В модели нечеткого производственного баланса \tilde{A}_{ij} – нечеткие коэффициенты прямых затрат, \tilde{B}_{ij} – нечеткие коэффициенты полных материальных затрат, $i = \overline{1, n}, j = \overline{1, n}$. Для элементов производства нечеткие коэффициенты \tilde{A}_{ij} показывают, сколько средств производства необходимо израсходовать при изготовлении данного продукта (изделия). Нечеткий коэффициент полных материальных затрат $\tilde{B}_{ij}, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, n}$ показывает, какое

количество продуктов (изделий) i -й отрасли нужно произвести, чтобы с учетом прямых и косвенных затрат этих продуктов (изделий) получить единицу конечных продуктов (изделий) j -ой отрасли.

Полезность полученной модели проявляется также и тогда, когда необходимо определить, что изменится в валовом выпуске некоторой отрасли при предполагаемом изменении объемов конечной продукции всех отраслей:

$$\Delta \tilde{X}_i \cong \sum_{j=1}^n \tilde{B}_{ij} \Delta \tilde{Y}_j; \quad i=1,2,\dots,n, \quad (11)$$

где $\Delta \tilde{X}_i$ и $\Delta \tilde{Y}_j$ – нечеткие изменения величин валовой и конечной продукции соответственно.

На основе изучения данных таблицы межотраслевых связей можно решить такие существенные для планирования «производства-потребления» задачи, как: определение нечетких величин выпуска на основе межотраслевого анализа; определение нечеткого сбалансированного состояния; определение цен при нечетком равновесии «производство-потребление».

Отличие предложенного метода от широко известной модели Леонтьева, применяемой для расчета межотраслевого баланса, заключается в использовании нечетких оценок, что дает гарантированные значения параметров системы в определенных интервалах. Следовательно, планирование производства-потребления, принятие решений об объемах изделий (продуктов) будут адекватно реальным ситуациям, и позволит избежать непредвиденных потерь элементам производства, а также позволит прогнозировать объемы дефицита для элементов потребления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Заргарян Е.В.*, Модель нечеткого производственного баланса // Тезисы докладов Международной научной конференции «Проблемы развития естественных, технических и социальных систем». – Таганрог: ТРТУ, 2007.
2. *Глод О.Д., Финаева Е.В.* Model of the ILL-defined Economic Balance//2002 IEEE International Conference on Artificial Intelligence System, Copyright by The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. – TSURE, 2002.
3. *Федосеев В.В.* Экономико-математические методы и модели в маркетинге. – М.: Финстатинформ, 1996.
4. *Браверман Э.М., Левин М.И.* Неравновесные модели экономических систем. – М.: Наука, 1981.
5. *Solow, R.M.* Competitive Valuation in a Dynamic Input-Output System, *Econometrica*, XXVII (January, 1959).

УДК 519.17

А.А. Целых

МЕТОД РАСПОЗНАВАНИЯ ИЗОМОРФНОГО ВЛОЖЕНИЯ НЕЧЕТКИХ ГРАФОВ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОГО МНОЖЕСТВА КЛИК

В работе [1] рассмотрен алгоритм t -вложения нечетких графов. При заданном пороге t алгоритм отвечает на вопрос: существует ли t -вложение нечеткого графа $\tilde{G}_1 = (X, \tilde{E}_1)$ в граф $\tilde{G}_2 = (Y, \tilde{E}_2)$ и если «Да», то находит одно частное решение. Однако известен целый класс задач сопоставления с образцом (pattern match-