

# АЛГОРИТМЫ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ РЕСУРСОЕМКОСТИ НА РАЗВИТИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Лукацкий А.М., Федорова Г.В.

Институт энергетических исследований РАН, г. Москва, ул. Нагорная, д. 31, корп. 2  
macrolab@eriras.ru

*Аннотация:* Рассматривается задача варьирования удельных материальных затрат продуктов экономическими субъектами. Исследованы два типа нелокальных вариаций: затрат заданного продукта всеми экономическими субъектами; всех продуктов заданным экономическим субъектом. Предложен алгоритм, основанный на методе обратной матрицы. Алгоритм позволяет рассчитывать множество вариаций при однократном обращении матрицы для базового варианта модели.

Ключевые слова: экономические субъекты, удельные материальные затраты, нелокальные вариации, энергосбережение, имитационное моделирование, линейные неравенства, обращение матрицы.

## Введение

Предлагается метод отображения реакций экономических субъектов (ЭС) экономики РФ на следующие вариации экзогенных факторов:

- изменение удельных материальных затрат заданного продукта;
- изменение структуры удельных материальных затрат заданного ЭС.

В известных макроэкономических моделях для решения подобных задач применяются модели, основанные на методах полилинейного программирования [1,2], когда поведение отраслей экономики подчинено некоторому единому критерию (например, максимизации ВВП в сопоставимых ценах). Известен альтернативный подход [3], реализованный в разработанной в ИНЭИ РАН модели MEMMAS (Macroeconomic Model of Multi-Agent Simulation), в которой поведение ЭС рассматривается как поведение взаимосвязанных агентов. При таком подходе агенты, в качестве которых выступают производственные отрасли экономики, описываются негладкими и даже разрывными функциями.

В [4] была предложена модель PriceImpact, в качестве согласующей схемы в которой выступает материальный баланс продуктов (МБ). Традиционным инструментом поиска согласованного решения здесь является симплекс-алгоритм [5]. Он дает итерационный поиск согласованного решения. Количество итераций в самом худшем случае может расти экспоненциально [6] в зависимости от размерности задачи. В [4] был предложен согласующий алгоритм, основанный на методе обратной матрицы. Одно из преимуществ метода [4] состоит в дальнейшем развитии алгоритма для расчета эффектов от варьирования коэффициентов матрицы. В качестве варьируемой может выступать не обрабатываемая матрица  $A$ , а матрицы, используемые в процессе сборки  $A$ , например, удельных материальных затрат ЭС на выпуск единицы продукции. Подобный подход был предложен в [7] для решения задачи ЛП, где рассматривались вариации матрицы коэффициентов специального вида (строчная, столбцовая). В [7] допускались только локальные вариации, ограниченные определенным условием на варьируемые коэффициенты.

В настоящей работе этот подход будет распространен на модели различного типа, в которых применяется процедура обращения матрицы. Новизна математических методов настоящей работы в сравнении с [7], состоит в том, что снимается ограничение о локальном характере вариаций коэффициентов матрицы, принятое в [7]. Возможность рассматривать нелокальные вариации существенно расширяет круг потенциально решаемых задач и снимает вопросы об условиях сходимости предлагаемого алгоритма, дает возможность точного, а не приближенного расчета последствий от варьирования матричных коэффициентов для ЭС. Типы рассматриваемых вариаций такие же, как и в [7]:

строчная и столбцовая, но уже в нелокальном режиме варьирования данных. Эти два типа вариаций получают в рамках используемой модели содержательный смысл:

- строчная соответствует задаче варьирования удельных материальных затрат на заданный продукт для выделенной группы ЭС;
- столбцовая соответствует задаче варьирования структуры удельных материальных затрат заданного ЭС для выделенной группы продуктов.

## 1 Алгоритм оценки эффекта от варьирования матрицы удельных материальных затрат

Расчет эффектов производится на многопродуктовой модели экономики, в которой одна отрасль может выпускать несколько продуктов и один продукт может производиться несколькими отраслями.

Модель включает 29 ЭС (отраслей экономики РФ, государственные учреждения (ГУ) и домашние хозяйства (ДХ)), которые выпускают и потребляют 34 продукта. Модель предназначена для варьирования экзогенных параметров, на изменения которых реагируют ЭС. Состав этих параметров формируется пользователем. Здесь могут быть два возможных набора параметров:

1. Удельные материальные затраты всех ЭС на заданный продукт. Например, таким продуктом может являться электроэнергия, тогда вариация может отражать процесс энергосбережения. В качестве варьируемого продукта может выступать также металл (черный или цветной), тогда вариация может отражать процесс ресурсосбережения.

2. Удельные материальные затраты заданного ЭС (например, ЭС “Электроэнергетика”). Такая вариация может отражать процесс взаимозамены ТЭРов, потребляемых заданным ЭС, например, взаимозамены газ-уголь или мазут-уголь. Может также моделироваться эффект от снижения затрат некоторого ЭС на собственные нужды (потерь) в тех случаях, когда эти затраты велики, например, для ЭС “Сельское хозяйство”.

Исходным для проводимых исследований служит базовый вариант, в котором МБ согласован. Базовый вариант формируется предварительно на ранее разработанной в ИНЭИ РАН модели экономики с выделенным энергетическим блоком МЭНЭК [1]. Это делает удобным проводить последующие исследования в терминах отклонений от базового варианта.

В процессе эксплуатации пользователь в диалоге вводит значения интересующего набора варьируемых параметров. Для расчета эффекта от вариаций параметров предложен четырехуровневый алгоритм отклика. Схема построения алгоритма следующая:

1. Структуризация ЭС с точки зрения весомости их, как потребителей варьируемой продукции:

- Для типа вариации 1 выделяются отрасли, которые являются наиболее емкими потребителями варьируемого продукта (группа I), тогда выпускаемые ими продукты условимся называть группой II.
- Для типа вариации 2 выделяются ЭС, которые являются наиболее емкими потребителями продукции группы I, выпускаемой отраслью с варьируемыми удельными материальными затратами. Выпускаемые этими ЭС продукты образуют группу II.

2. И в том, и в другом случае меняются цены на продукты группы II, чтобы компенсировать изменения затрат выпускающих их отраслей в ответ на изменение затрат на потребление продукта группы I. Затем меняются цены оставшихся продуктов (группа продуктов III) для компенсации затрат выпускающих их отраслей на изменение цен продуктов групп I и II.

3. Производится изменение объемов выпусков продуктов. Здесь также используется двухуровневая схема:

- Меняются финансовые ресурсы ЭС. В качестве компенсации этих изменений меняются инвестиционные затраты ЭС. Как следствие, меняется потребление ЭС инвестиционных продуктов (строительство, машиностроение, металл, коммерческие услуги).
- Из-за изменения удельных затрат, а также выпуска инвестиционных продуктов, меняются суммарные материальные затраты отраслей.

4. В качестве следствия шагов (1-3) возникают дисбалансы в МБ. По итогам этих изменений пересчитываются выпуски продуктов с целью снятия невязок в МБ. Алгоритм пересчета выпусков следующий.

Предполагается, что в модели формируется некоторая матрица  $A$ , к которой в процессе получения решения применяется процедура получения обратной матрицы.

На 1-м шаге пересчитываются коэффициенты используемой в модели обратной матрицы  $T=A^{-1}$ . Алгоритм производит этот пересчет без дополнительного запуска процедуры обращения матрицы, используя только явные формулы для изменения коэффициентов обратной матрицы и выдает обновленную матрицу  $T_{new}$ .

На 2-м шаге запускается пересчет оставшихся показателей модели, после чего система выдает вектор  $disb$  дисбалансов МБ.

На 3-м шаге обновленная обратная матрица  $T_{new}$  умножается на вектор  $disb$  и получается вектор изменений выпусков продуктов, требуемых для сведения МБ:  $\Delta X = T_{new} \times disb$ .

На 4-м шаге производится модификация вектора  $X$  выпусков продуктов:  $X_{new} ::= X_{basic} + \Delta X$ . Здесь  $X_{basic}$  – вектор выпусков продуктов базового варианта. С новыми значениями вектора выпусков продуктов  $X_{new}$  запускается режим пересчета всех показателей.

По итогам шагов 1-4 дисбалансы в МБ оказываются снятыми. Затем система генерирует выходную форму с относительными приращениями значений макроэкономических показателей и выдает ее пользователю для анализа.

Пример набора анализируемых показателей: ВВП; Валовое накопление основного капитала; Доходы ГУ.

## **2 Особенности программной реализации процедуры поиска согласованного решения**

Описанный подход программно реализован в среде Visual Studio 2008 под операционной системой WINDOWS'8 с процессором Intel Pentium (i7). В качестве языка программирования был использован Visual Basic 2008. В качестве системы для ввода, редактирования и хранения данных модели, – Microsoft Excel 2010.

Модель включает 8715 параметров, которые могут рассматриваться как исходная информация для ввода данных. Она содержит также 52980 ограничений, на основе которых генерируются требуемые выходные формы.

### **Литература**

1. Макаров А.А., Шанот Д.В., Лукацкий А.М., Малахов В.А. Инструментальные средства для количественного исследования взаимосвязей энергетики и экономики // Экономика и математические методы. Т.38. 2002, № 1. – С. 45-56.
2. Лукацкий А.М., Шанот Д.В. Методы решения задач полилинейного программирования //Журн. выч. матем. и матем. физ. Т. 41. 2001. – С. 680–691.
3. Malakhov V., Nesytykh K, Dubynina T.. A Multi-Agent Approach for the Intersectoral Modeling of the Russian Economy. 2017 Tenth International Conference Management of Large-Scale System Development (MLSD), IEEE Conference Publications, October 2017, DOI:10.1109/MLSD.2017.8109656.
4. Lukatskii A.M., Fedorova G.V. Algorithms and software for studying the impact of fuel and energy prices on the economy of the Russian federation, Management of Large-Scale System Development (MLSD), 2017 Tenth International Conference, 2-4 Oct. 2017, Moscow, Russia // IEEE Xplore, DOI: 10.1109/MLSD.2017.8109653.
5. Bosco J., Etoa E., New optimal pivot rule for the simplex algorithm //Advances in Pure Mathematics, Vol. 6. 2016. – P. 647-658.
6. Clee V., Minty D.J. How good is the simplex algorithm? // Inequalities III (Proceedings of the Third Symposium on Inequalities held at the University of California, Los Angeles, Calif., September 1-9, 1969, dedicated to the memory of Theodore S. Motzkin) . – New York-London: Academic Press, 1972. – P. 159-175.
7. Лукацкий А.М., Шанот Д.В. Оценка чувствительности оптимального решения задачи линейного программирования к вариациям коэффициентов матрицы //Кибернетика и системный анализ // 1992, №4. – С. 176-178.

## **ВЛИЯНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПЛАТЕЖА НА РЕЖИМ ПОЛУЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ В НЕАНТАГОНИСТИЧЕСКОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ИГРЕ**

**Мохонько Е.З.**

*Вычислительный центр им. А.А.Дородницына ФИЦ ИУ РАН,*

*Россия, г. Москва, ул. Вавилова ,д.40*

*mohon@ccas.ru*

*Аннотация: Рассматривается неантагонистическая дифференциальная игра двух лиц. Применяются стратегии, позволяющие получать информацию о позициях дискретным и непрерывным способами. Первый игрок может платить дополнительный платеж второму игроку. Найдены равновесные стратегии. Исследуется влияние дополнительного платежа на характер оптимального получения информации о ходе игры.*

Ключевые слова: дифференциальные неантагонистические игры, получение информации, равновесие, дополнительный платеж

### **Введение**

Как правило, для системы управления динамическим процессом существует наиболее благоприятный режим поступления информации об объекте управления. При таком режиме она управляет процессом наилучшим образом и сама не изнашивается раньше времени. Поэтому понятна важность и актуальность изучения оптимальных в том или ином смысле режимов получения информации с помощью динамических игр.