

АНАЛИЗ РЕАКЦИИ ЦЕН ОТРАСЛИ НА ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ МЕЖОТРАСЛЕВОГО БАЛАНСА¹

Д. В. Воротникова, Н. А. Моисеев

Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова, Москва, Россия

Н. С. Трындына

ЦЭМИ РАН, Москва, Россия

В статье представлена авторская методика анализа реагирования отрасли на внешний шок, позволяющая оценить, как изменится цена на производимые товары при внешнем воздействии, таком как изменение налоговой политики государства, влияние введенных санкций, инвестиционная политика государства, действия конкурентов и конкурирующих отраслей и т. д., для достижения баланса, что особенно важно в период всеобщей неопределенности и изменчивости экономических процессов. Анализ реакции отраслей на внешние шоки проводится на основе модели межотраслевого баланса и решения оптимизационной задачи нелинейного программирования методом общего понижающего градиента. Помимо того, что разрабатываемая методика позволяет найти баланс цен различных отраслей, она также помогает проводить обстоятельный анализ, выявлять факторы, оказывающие наиболее сильное влияние на происходящие процессы, моделировать сценарии их развития при реализации тех или иных управленческих решений. Авторами сделан вывод, что данная методика достаточно эффективна и в наибольшей мере соответствует анализу и моделированию экономики.

Ключевые слова: таблица «затраты – выпуск», межотраслевое сотрудничество, оптимизация, принятие управленческих решений.

ANALYZING INDUSTRY PRICE RESPONSE TO EXTERNAL FACTOR IMPACT ON THE BASIS OF INTER-BRANCH BALANCE MODEL

Darya V. Vorotnikova, Nikita A. Moiseev

Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

Nicole S. Tryndina

CEMI RAS, Moscow, Russia

The article provides the author's methodology of analyzing industry response to external shock, which gives an opportunity to assess changes in price for products under the external influence, such as changes in tax policy of state, impact of sanctions, investment policy, steps of competitors and competing industries, etc. in order to reach balance. This is especially important in the period of overall uncertainty and turbulence of economic processes. Industry response to external shocks is analyzed on the basis of the model of general declining gradient. This methodology can help find price balance of different industries, it can also help conduct thorough analysis, identify facts affecting the present processes, model scenarios of their development while implementing various managerial decisions. The authors draw the conclusion that the present methodology is effective and it corresponds to analyzing and modeling of economy.

Keywords: the table 'costs – output', inter-branch cooperation, optimization, managerial decision-making.

¹ Статья подготовлена по результатам исследования, проведенного при финансовой поддержке РФФИ, проект № 22-78-10150.

Введение

Несмотря на большую разработанность темы составления межотраслевого баланса, в опубликованных ранее работах не рассматривается инструментарий реагирования отрасли на внешние шоки, притом что при выборе приоритетных направлений государственного инвестирования в экономические проекты задачи анализа изменения цен отрасли и установления баланса возникают довольно часто, но не менее важным при этом становится вопрос воздействия показателей одной отрасли при изменениях, происходящих под влиянием другой отрасли.

А. Г. Гранберг, В. И. Суслов и С. А. Суспицын в своей статье «Экономико-математические исследования многорегиональных систем» обобщили результаты исследований многорегиональных систем на основе использования межотраслевых моделей для анализа межрегиональных экономических взаимодействий, выявления эффективных и неэффективных коалиций регионов [1].

Согласно исследованию Л. В. Мельниковой «Таблицы «затраты – выпуск»: путь к сближению наций» [4], возврат к применению таблиц «затраты – выпуск» может значительно повысить эффективность проводимой экономической политики государства, а именно сделать возможным анализ структурных изменений в национальных экономиках, измерения уровня их взаимозависимости, степени влияния на окружающую среду, эквивалентности международной торговли и т. д.

В статье «Анализ и моделирование экономики на основе межотраслевого баланса» [2] рассмотрены сложность и масштабность экономических задач, стоящих перед органами власти и требующих совершенствования методов государственного регулирования экономических процессов, расширения спектра применяемого методического инструментария. В рамках проведенного авторами исследования предпринята попытка развития методологии и инструментария углубленного анализа

пропорций и структурных взаимосвязей в экономике, моделирования развития социально-экономических процессов с использованием межотраслевого баланса.

В данной статье представлено решение задачи оптимизации производства в разрезе экономико-математической балансовой модели при изменении показателей (например, потребления, цены, налоговой базы, фонда оплаты труда и др.) одной из рассматриваемых отраслей, что не было раскрыто ни в одной из представленных выше публикаций.

Стандартная математическая задача оптимизации состоит из таких элементов, как:

- *допустимое множество*. В нашем случае допустимое множество будет ограничено положительными значениями;
- *целевая функция*;
- *критерий поиска* (как пример, максимизация прибыли или минимизация издержек).

В ходе составления задачи необходимо учесть, что выпуск отраслей – промежуточное потребление, конечное потребление, фонд оплаты труда, налоги, а также прибыль.

Поскольку фирмы могут назначать цены на продукцию, от которых будет зависеть величина спроса, то им необходимо установить такой уровень цен, чтобы максимизировать прибыль (чем больше цена, тем меньше спрос и т. д.). При этом если выпуск одной фирмы или отрасли зависит от другой (у которой она как производитель потребляет продукт), то при повышении цены на продукт первой отрасли, от которого зависит производство второй отрасли, вторая отрасль должна как-то на это отреагировать (либо поднять, либо опустить цену), при этом данное действие также окажет влияние на потребление.

Задача ставится таким образом: найти оптимальные цены для всех отраслей при условии какого-то шока. Шок – это фактор внешнего влияния, такой, как государственное инвестирование, трудности с по-

ставками, рост цен импортных товаров, изменение величины издержек и т. д.

Методология межотраслевого баланса

Совокупный выпуск всех отраслей x складывается из двух компонентов: выпуска для конечного потребления Y и выпуска для межотраслевого потребления X (для обеспечения производства продукции других отраслей). Выпуск для межотраслевого потребления с помощью матрицы технологических коэффициентов определяется как AX (где A – матрица технологических коэффициентов с элементами a_{ij} – необходимый объем продукции i -й отрасли для производства единицы продукции j -й отрасли).

Соответственно, в сумме с конечным потреблением Y получим совокупный выпуск X [7]:

$$X = AX + Y. \quad (1)$$

Тогда

$$Y = X - AX. \quad (2)$$

Откуда получим

$$X = (E - A)^{-1} Y. \quad (3)$$

Так как компания ставит своей целью максимизацию прибыли, то целевая функция оптимизации будет иметь следующий вид:

$$Pr = X - \sum_{i=1}^n a_{ij} \cdot X - OT \cdot X - T \cdot X = (1 - \sum_{i=1}^n a_{ij} - OT - T) \cdot X, \quad (4)$$

где Pr – прибыль после налогообложения;

OT – фонд оплаты труда;

T – ставка налога на прибыль.

Поскольку $X = (E - A)^{-1} Y$, тогда

$$Pr = (1 - \sum_{i=1}^n a_{ij} - OT - T) \cdot (E - A)^{-1} Y \rightarrow \max. \quad (5)$$

При этом Y является линейной функцией от цены, имеющей вид

$$Y_i(P_i) = a_i - b_i P_i,$$

где $Y_i(P_i)$ – величина спроса;

a и b – некоторые константы;

P_i – цена товара, относящегося к i -й отрасли;

b – наклон линии спроса, $b = \frac{\Delta Y}{\Delta P}$.

Решение задачи установки баланса уровня цен в отрасли в ответ на внешние шоки

Рассмотрим решение поставленной ранее задачи на основе небольшого примера.

В табл. 1 приведены коэффициенты прямых затрат и конечная продукция отраслей на плановый период в условных денежных единицах.

Т а б л и ц а 1

Матрица коэффициентов прямых материальных затрат и вектор конечного выпуска

Отрасль		Потребление			Конечный продукт
		1	2	3	
Производ- ство	1	0,3	0,15	0,12	300
	2	0,2	0,3	0,27	180
	3	0,11	0,3	0,21	200

В первую очередь необходимо найти плановый объем валовой продукции отраслей (вектор X) при заданных матрице A и векторе Y .

$$\text{Матрица } A = \begin{pmatrix} 0,3 & 0,15 & 0,12 \\ 0,2 & 0,3 & 0,27 \\ 0,11 & 0,3 & 0,21 \end{pmatrix} - \text{прямые}$$

затраты.

$$\text{Вектор } \begin{pmatrix} 300 \\ 180 \\ 200 \end{pmatrix} - \text{конечный продукт.}$$

Найдем плановый объем валовой продукции отрасли по формуле (3):

$$x = (E - A)^{-1} y = \begin{pmatrix} 682,83 \\ 680,09 \\ 608,66 \end{pmatrix}.$$

Отсюда получим межотраслевые поставки (табл. 2) по формуле

$$x_{ij} = a_{ij} \cdot x_j. \quad (6)$$

Т а б л и ц а 2

Таблица межотраслевого баланса в стоимостном выражении до решения задачи оптимизации

Отрасль		Потребление			Конечный продукт Y	Валовой продукт X
		1	2	3		
Производство	1	203,96	102,91	73,00	300,00	679,87
	2	135,97	205,81	164,25	180,00	686,04
	3	74,79	205,81	127,75	200,00	608,35
Чистая продукция (добавленная стоимость) Z		265,15	171,51	243,34		
Валовой продукт X		679,87	686,04	608,35		
Оплата труда		101,98	116,63	109,50		
Налоги		21,21	7,13	17,40		
Pr		141,957	47,748	116,438	Сумма	306,144

Пронумеруем данные делением каждого показателя на значение цены, принимая при этом цену производства за единицу (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

Нормированные данные межотраслевых поставок

	Межотраслевые поставки		
	1	2	3
1	0,3	0,15	0,12
2	0,2	0,3	0,27
3	0,11	0,3	0,21
Оплата труда	0,15	0,17	0,18
Налоги	0,03	0,01	0,03
Pr	0,21	0,07	0,19
Цена	1	1	1

Найдем оптимальное соотношение цен при максимизации прибыли по формуле (4), добавив ограничения на прибыль для каждой отрасли (табл. 4).

Т а б л и ц а 4

Ограничения на прибыль

1-я отрасль	2-я отрасль	3-я отрасль
0,23	0,08	0,2

На каждой итерации будем поочередно максимизировать прибыль отрасли при изменении ее цены методом обобщенного приведенного градиента.

Результат был получен через 8 итераций, когда значения цен начали изменяться менее чем на сотые значения. Полученный результат представлен в табл. 5 и 6.

Т а б л и ц а 5

Нормированные данные межотраслевых поставок после решения задачи оптимизации

	Межотраслевые поставки		
	1	2	3
1	0,32	0,16	0,13
2	0,21	0,31	0,28
3	0,12	0,31	0,22
Оплата труда	0,15	0,17	0,18
Налоги	0,03	0,01	0,03
Pr	0,23	0,07	0,21
Цена	1,05594	1,03346	1,04576

Т а б л и ц а 6

Таблица межотраслевого баланса в стоимостном выражении после решения задачи оптимизации

Отрасль		Потребление			Конечный продукт Y	Валовой продукт X
		1	2	3		
Производство	1	204,85	102,01	73,04	300,00	679,90
	2	136,57	204,03	164,34	180,00	684,93
	3	75,11	204,03	127,82	200,00	606,96
Чистая продукция (добавленная стоимость) Z		263,38	174,86	241,76		
Валовой продукт X		679,90	684,93	606,96		
Оплата труда		97,00	111,87	104,77		
Налоги		22,48	6,96	18,19		
Pr		157,540	54,541	120,714	Сумма	332,796

На рисунке представлен график изменения цен по трем отраслям. В данном случае была рассмотрена оптимизация, когда каждая отрасль осуществляет свою деятельность по отдельности.

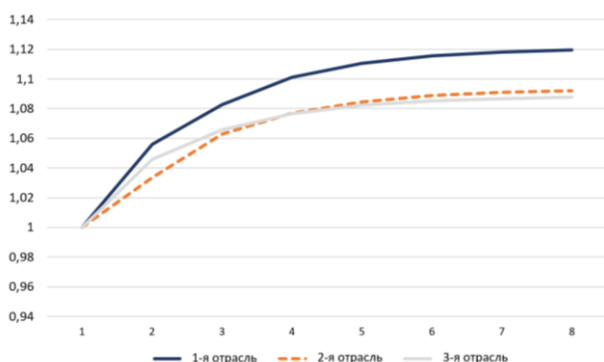


Рис. График изменения цен

Также рассмотрим ситуацию, когда мы не оптимизируем прибыль каждой отрасли по отдельности, а максимизируем совокупную прибыль всех отраслей (табл. 7 и 8).

Т а б л и ц а 7
Нормированные данные
межотраслевых поставок после решения
задачи оптимизации

	Межотраслевые поставки		
	1	2	3
1	0,34	0,17	0,13
2	0,22	0,33	0,30
3	0,12	0,33	0,23
Оплата труда	0,15	0,17	0,18
Налоги	0,04	0,01	0,03
<i>Pr</i>	0,26	0,09	0,22
Цена	1,12108	1,09320	1,08852

Т а б л и ц а 8
Таблица межотраслевого баланса в стоимостном выражении после решения
задачи оптимизации совокупной прибыли отраслей

Отрасль		Потребление			Конечный продукт Y	Валовой продукт X
		1	2	3		
Производство	1	205,49	102,27	72,43	300,00	680,18
	2	136,99	204,54	162,96	180,00	684,49
	3	75,35	204,54	126,75	200,00	606,63
Чистая продукция (добавленная стоимость) Z		262,36	173,15	244,49		
Валовой продукт X		680,18	684,49	606,63		
Оплата труда		91,65	106,02	99,81		
Налоги		23,54	8,15	18,04		
<i>Pr</i>		157,541	54,543	120,713	Сумма	332,796

Выводы

Разработанный инструментарий позволяет определить цены, устанавливаемые отраслью при учете влияния внешнего шока. Анализ реакций отраслей на внешние воздействия был произведен на основе межотраслевого баланса.

Необходимо отметить, что данная тематика также требует дополнительных исследований, например, рассмотрения влияния налоговой политики на производственный план, что позволит создать механизм, который в условиях рыночной экономики даст возможность дополнительного регулирования.

Список литературы

1. Гранберг А. Г., Суслов В. И., Суспицын С. А. Экономико-математические исследования многорегиональных систем // Регион: экономика и социология. – 2008. – № 2. – С. 120–150.
2. Ильин В. А., Ускова Т. В., Лукин Е. В., Кожевников С. А. Анализ и моделирование экономики на основе межотраслевого баланса. – Вологда : Вологодский научный центр Российской академии наук, 2017.
3. Леонтьев В. В. Экономические эссе. Теории, исследования, факты и политика. – М. : Политиздат, 1990.
4. Мельникова Л. В. Таблицы «затраты – выпуск»: путь к сближению наций // ЭКО. – 2011. – № 5 (443). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tablitzy-zatraty-vypusk-put-k-sblizheniyu-natsiy> (дата обращения: 31.08.2022).
5. Моисеев Н. А., Ахмадеев Б. А. Алгоритм оценки импортозамещения на основе таблиц затрат – выпуска // Вестник Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова. – 2021. – № 3 (117). – С. 117–129.
6. Яковенко Д. Н. Применение линейной алгебры при моделировании экономических процессов // Аллея науки. – 2018. – Т. 5. – № 6 (22). – С. 270–273.
7. Meyer C. D. Matrix Analysis and Applied Linear Algebra. – Philadelphia : Society for Industrial and Applied Mathematics, 2000.
8. Quanrun Chen, Kunfu Zhu, Peng Liu, Xiangyin Chen, Kailan Tian, Lianling Yang, Cuihong Yang. Distinguishing China's Processing Trade in the World Input-Output Table and Quantifying its Effects // Economic Systems Research. – 2019. – N 31-3. – P. 361–381.

References

1. Granberg A. G., Suslov V. I., Suspitsyn S. A. Ekonomiko-matematicheskie issledovaniya mnogoregionalnykh sistem [Economic and Mathematic Research of Multi-Regional Systems]. Region: ekonomika i sotsiologiya [Region: Economics and Sociology], 2008, No. 2, pp. 120–150. (In Russ.).
2. Ilin V. A., Uskova T. V., Lukin E. V., Kozhevnikov S. A. Analiz i modelirovanie ekonomiki na osnove mezhotraslevogo balansa [Analyzing and Modeling Economy on the Basis of Inter-Branch Balance]. Vologda, the Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences, 2017. (In Russ.).
3. Leontev V. V. Ekonomicheskie esse. Teorii, issledovaniya, fakty i politika [Economic Essays. Theories, Research, Facts and Policy]. Moscow, Politizdat, 1990. (In Russ.).
4. Melnikova L. V. Tablitsy «zatraty – vypusk»: put k sblizheniyu natsiy [Tables ‘Costs – Output’: Way to Nations’ Rapprochement]. EKO, 2011, No. 5 (443). (In Russ.). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/tablitzy-zatraty-vypusk-put-k-sblizheniyu-natsiy> (accessed 31.08.2022).
5. Moiseev N. A., Akhmadeev B. A. Algoritm otsenki importozameshcheniya na osnove tablits zatrat – vypuska [Algorithm of Estimating Import Substitution on the Basis of Table ‘Costs – Output’]. Vestnik Rossiyskogo ekonomicheskogo universiteta imeni G. V. Plekhanova [Vestnik of the Plekhanov Russian University of Economics], 2021, No. 3 (117), pp. 117–129. (In Russ.).

6. Yakovenko D. N. *Primenenie lineynoy algebry pri modelirovanii ekonomicheskikh protsessov* [Using Linear Algebra for Modeling Economic Processes]. *Alleya nauki* [Science Alley], 2018, Vol. 5, No. 6 (22), pp. 270–273. (In Russ.).
7. Meyer C. D. *Matrix Analysis and Applied Linear Algebra*. Philadelphia, Society for Industrial and Applied Mathematics, 2000.
8. Quanrun Chen, Kunfu Zhu, Peng Liu, Xiangyin Chen, Kailan Tian, Lianling Yang, Cuihong Yang. Distinguishing China's Processing Trade in the World Input-Output Table and Quantifying its Effects. *Economic Systems Research*, 2019, No. 31-3, pp. 361–381.

Сведения об авторах

Дарья Васильевна Воротникова

ассистент кафедры математических методов в экономике РЭУ им. Г. В. Плеханова.

Адрес: ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова», 117997, Москва, Стремянный пер., д. 36.

E-mail: Vorotnikova.DV@rea.ru

Никита Александрович Моисеев

доктор экономических наук, профессор кафедры математических методов в экономике РЭУ им. Г. В. Плеханова.

Адрес: ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова», 117997, Москва, Стремянный пер., д. 36.

E-mail: Moiseev.NA@rea.ru

Николь Сергеевна Трындина

младший научный сотрудник лаборатории институциональной динамики ЦЭМИ РАН.

Адрес: ФГБУН «Центральный экономико-математический институт РАН», 117418, Москва, Нахимовский проспект, д. 47.

E-mail: Nicoletryndina@yandex.ru

Information about the authors

Darya V. Vorotnikova

Assistant of the Department for Mathematical Methods in Economics of the PRUE.

Address: Plekhanov Russian University of Economics, 36 Stremyanny Lane, Moscow, 117997, Russian Federation.

E-mail: Vorotnikova.DV@rea.ru

Nikita A. Moiseev

Doctor of Economics, Professor of the Department for Mathematical Methods in Economics of the PRUE.

Address: Plekhanov Russian University of Economics, 36 Stremyanny Lane, Moscow, 117997, Russian Federation.

E-mail: Moiseev.NA@rea.ru

Nicole S. Tryndina

Research Assistant of the Laboratory of Institutional Dynamics in CEMI RAS.

Address: Central Economic and Mathematical Institute of the Russian Academy of Sciences, 47 Nakhimovsky Avenue, Moscow, 117418, Russian Federation.

E-mail: Nicoletryndina@yandex.ru