

2. Shlychkov V., Kiyamov I., Kulish S., Nestulaeva D., Alafuzov I. Modern Practice of «manual Management» in Russian Governmental and Municipal Authority // Journal of Advanced Research in Law and Economics. – 2020. – Т. 8. № 7. – С. 2241-2252.
3. Shlychkov V.V., Bataykin P.A., Nestulaeva D.R., Kulish S.M. Small and Medium Business in the Republic of Tatarstan: Obstacles to Development // Espacios. – 2021. – Vol. 41 (24). – P. 117-128. Смагин.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ МЕЖОТРАСЛЕВОГО БАЛАНСА ЛЕОНТЬЕВА СРЕДСТВАМИ КОМПЬЮТЕРНОЙ АЛГЕБРЫ

Е. В. Алеманова

Научный руководитель Е. А. Ильина
Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С. П. Королева

Межотраслевой баланс – это инструментарий, который позволяет анализировать, в зависимости от цели исследования, экономику в различных разрезах – от национального или регионального уровней до конкретных фирм и потребителей [1].

С помощью модели межотраслевого баланса, разработанной американским учёным Василием Леонтьевым, можно оценивать взаимосвязь между различными отраслями экономики.

В свете растущей популярности научных технологий для разработки модели межотраслевого баланса был выбран пакет компьютерной алгебры «Maple», который обладает собственным языком программирования, реализует множество стандартных и специальных математических операций, а также имеет удобный интерфейс, в котором сразу отображается результат выполнения введённой команды [2].

Для составления условия задачи были рассмотрены четыре основные отрасли экономики Республики Крым: сельское хозяйство, промышленность, транспорт и строительство. Крым является важным объектом геополитических и экономических интересов различных стран. Вхождение Крыма в состав России и связанные с этим события в 2014 году привели к серьезным изменениям в экономике региона [3].

Экономические показатели ведущих отраслей Крыма за 2022 год представлены в таблице 1.

Таблица 1. Экономические показатели Республики Крым за 2022 год.

Отрасль	Потребление				Конечный продукт	Валовой выпуск
	1	2	3	4		
Сельское хозяйство	12	19	5	8	18	62
Промышленность	30	12	18	15	26	101
Транспорт	10	30	9	19	20	88
Строительство	10	40	10	22	30	112

Требуется найти объем валового выпуска каждого вида продукции, если в следующем году конечное потребление по отраслям увеличить соответственно до 25, 30, 30 и 40 млрд руб (согласно плану на 2023 год) [4].

Для решения задачи необходимо использовать уравнение соотношения баланса, благодаря которому рассчитывается общий объем выпуска каждой отрасли [5]:

$$(1) x_i = \sum_{j=1}^n B_{ij} + Y, (i = 1, 2, \dots, n),$$

где B_{ij} – это элементы матрицы $B = \begin{pmatrix} 12 & 19 & 5 & 8 \\ 30 & 12 & 18 & 15 \\ 10 & 30 & 9 & 19 \\ 10 & 40 & 10 & 22 \end{pmatrix}$, в которой каждая отрасль

экономики представлена отдельным столбцом;

Y – вектор конечного продукта, $Y = \begin{pmatrix} 18 \\ 26 \\ 20 \\ 30 \end{pmatrix}$;

n – число отраслей, $n = 4$.

После ввода исходных данных в программу и записав формулу (1) на языке программирования Maple, получаем вектор валового выпуска $X = \begin{pmatrix} 62 \\ 101 \\ 88 \\ 112 \end{pmatrix}$.

Для дальнейших расчётов необходимо учитывать прямые затраты. Элементы матрицы прямых затрат вычисляются по формуле:

$$(2) a_{ij} = \frac{b_{ij}}{x_j}.$$

Элементы матрицы прямых затрат должны удовлетворять условию: сумма элементов по любому её столбцу должна быть не больше единицы и не равна ей [5].

Расчетные значения формулы (2) и условий представлены скриншотом фрагмента программы на рисунке 1.

```
> print(A)
      [ 0.1935483871 0.1881188119 0.05681818182 0.07142857143 ]
      [ 0.4838709677 0.1188118812 0.2045454545 0.1339285714 ]
      [ 0.1612903226 0.2970297030 0.1022727273 0.1696428571 ]
      [ 0.1612903226 0.3960396040 0.1136363636 0.1964285714 ]
-----
> #
> #Проверка матрицы A на продуктивность
> Delta := evalf(det(E - A)) #Проверка невырожденности
                                         Δ := 0.2922820004
```

Рисунок 1 - Элементы матрицы прямых затрат, проверка матрицы на продуктивность и невырожденность.

Для нахождения новых объемов валового выпуска продукции XS применяется формула

$$(3) XS = (E - A)^{-1} YS,$$

где E – единичная матрица четвертого порядка;

$YS = (25 \ 30 \ 30 \ 40)$ – новый вектор объёмов конечного потребления.

Промежуточные вычисления и запись на языке программирования Maple формулы (3) представлены скриншотом фрагмента программы на рисунке 2.

```

> B := evalm(E - A) #Вычисление матрицы E-A
B := [
0.8064516129 -0.1881188119 -0.05681818182 -0.07142857143
-0.4838709677 0.8811881188 -0.2045454545 -0.1339285714
-0.1612903226 -0.2970297030 0.8977272727 -0.1696428571
-0.1612903226 -0.3960396040 -0.1136363636 0.8035714286
]

> C := inverse(B) #Вычисление матрицы обратной к матрице E-A
C := [
1.724328322 0.6064878924 0.2871932919 0.3149846389
1.346936162 1.866853408 0.5806657077 0.5534548764
0.9722902533 0.9488745031 1.461679437 0.5531483207
1.147433857 1.175993977 0.5505273533 1.658660002
]

> X := evalm(C*Y) #Проверка вектора валового выпуска
X := [ 62.00000001 101.0000000 88.00000000 112.0000000 ]

> YS := array(1..n, [25, 30, 30, 40]) #Новый вектор объемов конечного потребления
YS := [ 25 30 30 40 ]

> XS := evalm(inverse(E-A)*YS) #Новый вектор объемов валового выпуска
XS := [ 82.51802914 129.2371726 118.7498074 146.8278864 ]

```

Рисунок 2 - Нахождение нового вектора объемов валового выпуска.

Прогнозируемые объемы валового выпуска каждого вида продукции представлены вектором $XS = (82,51802914 \ 129,2371726 \ 118,7498074 \ 146,8278864)$.

На основе проведённых исследований можно сделать выводы о том, что модель Леонтьева актуальна и по сей день, а использование современных продуктов, таких как Maple 7 в области экономики позволяет упростить и автоматизировать сложные вычисления, тем самым повысить скорость, эффективность и надёжность исследования, результаты которого могут быть полезны для принятия обоснованных экономических решений и определения приоритетных направлений развития Республики Крым.

Список использованных источников

1. Антонов В.И. Линейная алгебра и аналитическая геометрия. Опорный конспект — М.: Проспект, 2011. — 144 с.
2. Кирсанов М.Н. Практика программирования в системе Maple — М.: Издательский дом МЭИ, 2011. — 208с.
3. Официальный сайт Государственной статистики Республики Крым. — URL: <https://crimea.gks.ru> (дата обращения 10.11.2023).
4. Федеральная служба государственной статистики: официальный сайт. — URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения 10.11.2023).
5. Трухан А.А. Линейная алгебра и линейное программирование — СПб.: Лань, 2018. — 316 с.