

ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МЕЖОТРАСЛЕВОГО БАЛАНСА РАЗВИТИЯ ЮГА ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМА ФОН НЕЙМАНА*

Владимир Романович ЦИБУЛЬСКИЙ^a,
Илья Георгиевич СОЛОВЬЁВ^b,
Денис Александрович ГОВОРКОВ^{c*}

^a доктор технических наук, профессор,
Центр этноэкологических и технологических исследований Сибири (ЦЭТИС),
Тюмень, Российская Федерация
v-tsib@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0353-9522>
SPIN-код: 4211-9183

^b кандидат технических наук, доцент,
Тюменский индустриальный университет (ТИУ),
Тюмень, Российская Федерация
solovyev@ikz.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9871-0075>
SPIN-код: 4340-6350

^c кандидат технических наук, доцент,
Тюменский индустриальный университет (ТИУ),
Тюмень, Российская Федерация
dagovorkov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5430-0231>
SPIN-код: 3687-5960

* Ответственный автор

История статьи:

Рег. № 107/2023

Получена 30.03.2023

Получена в
доработанном виде
11.04.2023

Одобрена 20.04.2023

Доступна онлайн
16.05.2023

Специальность 5.2.3

УДК 330.44

JEL: B16, B21, D57,
H72, R13

Аннотация

Предмет. Проблема построения реальной траектории развития региона и сравнения ее с заявленной.

Цели. Разработка алгоритма расчета и анализа динамической модели межотраслевого баланса юга Тюменской области, включающей социальную, инфраструктурную подсистемы и домашние хозяйства как эндогенную переменную-агрегат.

Методология. В работе использованы методы построения и анализа динамических моделей Леонтьева и фон Неймана. Оценка показателей траекторий сбалансированного роста проведена на основании теоремы Перрона–Фробениуса.

Результаты. Предложен алгоритм образования инвестиционной переменной. Проведена идентификация матрицы прямых затрат по каждому году и в среднем за периоды 2017–2019 гг. и 2017–2020 гг. На основе доступных статистических данных построены магистрали фон Неймана и модельные траектории

Ключевые слова: развития.

межотраслевой баланс, **Выводы.** Показан механизм возможного сравнения реального динамическая модель и запланированного оптимального развития. Это позволяет фон Неймана, организовать цифровой мониторинг развития области и настройка анализировать отклонения от оптимального прогноза. коэффициентов модели, стратегия развития Тюменской области, траектория роста

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2023

Для цитирования: Цибульский В.Р., Соловьёв И.Г., Говорков Д.А. Динамическая модель межотраслевого баланса развития юга Тюменской области на основе алгоритма фон Неймана // *Региональная экономика: теория и практика*. – 2023. – Т. 21, № 5. – С. 959 – 975.

<https://doi.org/10.24891/re.21.5.959>

Введение

Задачи развития экономики региона в целом связаны со сбалансированным развитием социальной сферы и инфраструктуры, что применительно к моделям межотраслевого баланса (МОБ) позволяет выделить и проанализировать агрегаты отраслей экономики – например, производственную, социальную и инфраструктурную подсистемы. Кроме того, в такой постановке удобнее оптимизировать модель с точки зрения увеличения количества эндогенных переменных за счет уменьшения количества экзогенных, что значительно упрощает и идентификацию модели, и ее решение. Например, в данной статье предлагается в состав эндогенных переменных включить домашние хозяйства, их потребление и амортизационные отчисления как часть основных фондов, определяющих воспроизводство. Обоснованность такого решения связана с тем, что домашние хозяйства представляют собой группу, которая характеризуется достаточно большим объемом потребления по сравнению с другими подсистемами [1].

Проведем небольшой обзор динамических моделей с представленной социально ориентированной модификацией. При этом следует отличать их от матриц социальных счетов¹ [2], которые предназначены для

^{*} Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ. Проект № 20-47-720001 «Разработка алгоритма цифрового мониторинга развития региона с учетом меняющихся: условий, целевой функции и оценкой восприятия развития населением региона».

¹ *Михеева Н.Н.* Матрицы социальных счетов: направления и ограничения использования // ЭКО. 2011. № 6. С. 103–118. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/matritsy-sotsialnyh-schetov-napravleniya-i-ogranicheniya-ispolzovaniya/viewer>

моделирования распределения доходов между разными по уровню группами населения. В большинстве работ по динамическим моделям на базе межотраслевого баланса рассматриваются открытые модели для США [3], России в целом^{2, 3} [4] и отдельных регионов (например, для Республики Карелия [5], Дальнего Востока [6, 7], Республики Бурятия [8], Ивановской [9] и Самарской областей [10]). Примеры анализа моделей, закрытых по отношению к другим переменным (например, к суммарному выпуску, потребительскому спросу домашних хозяйств), представлены в работах зарубежных ученых⁴ [11, 12].

Рассмотрим вначале отличительную особенность построения матриц «затраты–выпуск» для закрытых динамических моделей. Главная особенность заключается в том, что потребление домашних хозяйств переходит из экзогенных переменных в эндогенные. К основной технологической матрице A добавляется справа столбец, показывающий потребление домашних хозяйств по секторам или подсистемам, а снизу – показатель затрат труда по ним же [1].

$$\hat{A} = \begin{vmatrix} A & h_C \\ h_R & h \end{vmatrix},$$

$$h_R = [a_{n+1,1} \dots a_{n+1,n}],$$

$$h_C = \begin{vmatrix} a_{1,n+1} \\ \dots \\ a_{n,n+1} \end{vmatrix},$$

$$h = a_{n+1,n+1}, \quad (1)$$

где \hat{A} – матрица технологических коэффициентов, включая домохозяйства, h_R – строка коэффициентов трудозатрат, h_C – столбец коэффициентов потребления домашних хозяйств, причем h – это коэффициент, равный в нашем случае отношению промежуточного потребления домашних хозяйств (в виде зарплаты работающих) к суммарному потреблению.

² Гранберг А.Г. Моделирование социалистической экономики. М.: Экономика. 1988. 486 с.

³ Серебряков Г.Р. Опыт построения динамической межотраслевой равновесной модели российской экономики // Проблемы прогнозирования. 2000. № 2. С. 1–17.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opyt-postroeniya-dinamicheskoy-mezhotraslevoy-ravnovesnoy-modeli-rossiyskoy-ekonomiki/viewer>

⁴ Sonis M., Hewings G. Expanded Miyazawa Framework: Labor and Capital Income, Savings, Consumption, and Investment Links.
URL: https://www.researchgate.net/publication/241044942_Expanded_Miyazawa_Framework_Labor_and_Capital_Income_Savings_Consumption_and_Investment_Links

Динамическое уравнение при инвестировании в капитальные затраты может выглядеть следующим образом

$$X(t+1) = B^{-1}((1 - A + B)X(t) - F(t)), \quad (2)$$

где $X(t)$, $F(t)$ – векторы выпуска и потребления за предыдущий год, B – матрица коэффициентов, определяющих стоимость капитала по отраслям [1].

Наиболее подробно модель с включением домашних хозяйств в эндогенную часть матрицы A рассмотрели М. Сонис, П. Бэйти. Одна из немногих динамических моделей с включением населения в качестве трудового капитала приведена у Х. Узавы [13]. Изменение выпуска в данном случае определяется за счет основного капитала и труда населения. Причем влияние труда определяется уровнем образования, а значит, производительностью:

$$Y(t) = F[K(t), A(t)L_p(t)], \quad (3)$$

где $Y(t)$ – выпуск производственной функции, $K(t)$ – основной капитал, $L_p(t)$ – труд, затраченный в основном производстве, $A(t)$ – эффективность труда. Используются понятия нормы основного капитала и его амортизации; годовой выпуск подразделяется на потребление и инвестиции.

Несмотря на схожесть алгоритма, понятие домашнего хозяйства учеными не использовалось. В модель «затраты–выпуск» домохозяйства вводит П. Бейти [11, 12], но только для целей оценки влияния разных по уровню доходов путем разукрупнения агрегатов. Производственная матрица практически совпадает с приведенной у Р. Миллера [1] за исключением диагонального коэффициента; у П. Бэйти он равен 1, у Р. Миллера – вектору h . Выбранный вид модели, но без включения домохозяйств в матрицу прямых затрат, применяли А.Г. Гранберг, зарубежные ученые⁵ [13].

Материалы и методы исследования

Авторами предлагается динамическая модель межотраслевого баланса (ДММОБ) с матрицей \hat{A} , включающей в свою структуру эндогенную переменную – домашние хозяйства (1) – и экзогенную – инвестиции в основной капитал. Модель в общем виде записывается следующим образом:

⁵ Кубонива М., Табата М., Табата С., Хасэбэ Ю. Математическая экономика на персональном компьютере. М.: Финансы и статистика, 1991. 304 с.

$$(1 - \dot{A})X(t) - \dot{B}[X(t+1) - X(t)] = \dot{F}(t). \quad (4)$$

Здесь все буквенные обозначения соответствуют уравнению (2) с той лишь разницей, что в матрицу прямых затрат включены домашние хозяйства, и поэтому потребление $F(t)$ включает только основной производственный капитал.

Для разработки ДММОБ юга Тюменской области примем в рассмотрение три подсистемы – агрегата отраслей экономики (производственную, социальную, инфраструктурную) и подсистему домашних хозяйств, включенную в матрицу A . Таким образом, исходная система имеет размерность $n=3$, а с учетом подсистемы домашних хозяйств – $n+1=4$. В этом случае уравнения «затраты–выпуск» для подсистем (агрегатов) выглядят следующим образом:

$$\begin{aligned} x_i &= a_{i\Pi} x_{\Pi} + a_{iC} x_C + a_{iИ} x_{И} + a_i x_{\text{дх}} + F_i, \\ x_{\text{дх}} &= a_{\text{дх},\Pi} x_{\Pi} + a_{\text{дх},C} x_C + a_{\text{дх},И} x_{И} + F_{\text{дх}}, \end{aligned} \quad (5)$$

где F_i – конечный спрос первых трех подсистем с учетом домашних хозяйств, $F_{\text{дх}}$ – конечный спрос домашних хозяйств, i – индексы подсистем (ПП промышленное производство, СЭ – социально-экономическая, И – инфраструктурная, ДХ – домашние хозяйства).

Если принять, что в отраслях услуги по труду оказывают представители домашних хозяйств региона (в первом приближении), то в уравнении для домашних хозяйств в качестве оплаты труда может использоваться средняя зарплата и среднее количество занятых по отраслям и подсистемам [14]. В результате изменится и структура потребления во II квадранте таблицы МОБ. Поскольку потребление домашних хозяйств перемещено в матрицу A и воспроизводство в подсистемах обеспечивается оборотным капиталом, включая амортизацию строительной отрасли [1, 15], то при разработке динамической модели можно ограничиться только инвестированием в основной капитал роста, дезагрегируя его в случае необходимости на финансовых инвесторов и бюджет. При этом предполагается, что инвестиции в виде поддержки домашних хозяйств и малоимущих слоев населения изменяют $n+1$ строку матрицы затрат и меняют столбец их потребления.

Инвестиции внешних инвесторов увеличивают добавленную стоимость и входят в вектор конечного потребления $F(t)$. Следуя М. Кубониве,

в такой постановке основное уравнение ДММОБ может быть записано в виде:

$$X(t+1) = X(t) + \dot{B}^{-1}(k \cdot v - \dot{A})X(t), \quad (6)$$

где \dot{A} – матрица прямых затрат, \dot{B} – матрица коэффициентов основного капитала с учетом включения домашних хозяйств как эндогенных переменных, k – доля потребления благ, v – доля добавленной стоимости и потребления. При этом инвестиции в основной капитал, включая внешние, определяются как

$$\begin{aligned} C(t) &= k \cdot v X(t), \\ I(t) &= \dot{B}(X(t+1) - X(t)). \end{aligned} \quad (7)$$

Обозначим темп прироста выпуска, одинакового во всех подсистемах, как g и перепишем динамическое уравнение в виде:

$$\begin{aligned} X(t+1) - X(t) &= gX(t), \\ (1 - (\dot{A} + k \cdot v))^{-1} \dot{B} X(t) &= \frac{1}{g} X(t). \end{aligned} \quad (8)$$

Если ввести обозначение матрицы $\dot{F} = (1 - (\dot{A} + k \cdot v))^{-1} \dot{B}$, то, согласно теореме Перрона–Фробениуса, в условиях положительности этой матрицы максимальное собственное число λ_{max} соответствует положительному собственному вектору и определяет темп сбалансированного роста по соотношению $g = 1/\lambda_{max}$.

Результаты

Исходные данные для расчетов модели взяты из статистических сборников⁶. В список необходимых числовых данных входят:

- количество подсистем n ;
- коэффициенты матрицы прямых затрат, включая домохозяйства \dot{A} ;
- коэффициенты матрицы основного капитала \dot{B} ;
- доли потребления k ;

⁶ Управление Федеральной службы государственной статистики по Тюменской области, Ханты-Мансийскому автономному округу – Югре и Ямало-Ненецкому автономному округу. URL: <https://72.rosstat.gov.ru/contacts?ysclid=lh2ir3c6g1545633438>

- доли добавленной стоимости c_i ;
- объемы выпусков $Y(t)$.

Идентификация матрицы A производится в соответствии с рекомендациями Росстата: при наличии структуры и данных о промежуточном потреблении определяются суммы затрат для агрегатов (подсистем), затем полученные суммы промежуточного потребления в подсистемах делятся на выпуски – полученные значения и есть коэффициенты матрицы A^7 . Следует обратить внимание, что включение домашних хозяйств в прямые затраты упрощает идентификацию матрицы \hat{B} .

При вычислениях поставим задачу получить траекторию развития юга Тюменской области по данным за 2017–2019 гг. и сравнить ее с аналогичными для традиционной ДММОБ, представленной в статье [20]. Алгоритм вычисления заключается в следующем:

- выбор перечня отраслей, входящих в подсистемы, характерных для Тюменской области;
- определение структуры затрат подсистем на основе структуры затрат на производство и продажу (товаров, работ, услуг) по видам экономической деятельности согласно общероссийскому классификатору⁸;
- получение матрицы прямых затрат подсистем (агрегатов) с использованием данных промежуточного потребления (СНС) и полученной на втором этапе структуры затрат;
- построчное деление полученной матрицы на соответствующие выпуски (это позволяет получить оценку матрицы \hat{A});
- после проверки матрицы прямых затрат на продуктивность – определение матрицы полных затрат по формуле $\hat{B} = (E - \hat{A})^{-1}$, где E – единичная матрица;
- оценка вектора долей инвестиций в основной капитал в валовом региональном продукте (ВРП) k на основе данных, представленных в Стратегии социально-экономического развития Тюменской области до 2030 года⁹ (распределение долей по подсистемам определено в соответствии с пропорциями промежуточного потребления);

⁷ Методологические положения по статистике. Выпуск 5. М.: Росстат, 2006. 513 с.

⁸ Базовые таблицы «затраты–выпуск» Российской Федерации за 2016 год (в текущих ценах, млн руб.).
URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/baz-tzv-2016\(1\).xlsx](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/baz-tzv-2016(1).xlsx)

- оценка вектора долей v как разности ВРП и инвестиций, отнесенной к выпуску X ;
- определение усредненной матрицы прямых затрат для двух вариантов (2017–2019 гг. и 2017–2020 гг.) на основе полученных коэффициентов прямых затрат для каждого года (2017–2020 гг.);
- построение матрицы $\hat{F} = (1 - (\hat{A} + k \cdot v))^{-1} \hat{B}$ уравнения (8) и определение максимального собственного числа λ_{max} ;
- определение темпа роста g и построение траектории сбалансированного роста;
- сравнение полученной магистрали с траекториями, полученными по реальным данным Росстата.

Исходные данные по выпускам (в млрд руб.) и структуре затрат по подсистемам (в долях от выпуска, ПП – производственная, И – инфраструктурная, СЭ – социально-экономическая, ДХ – подсистема домашних хозяйств) по годам за период 2017–2020 гг. приведены в *рис. 1*. Результаты оценки матрицы прямых затрат (первые четыре шага алгоритма), а также оценки векторов долей инвестиций k и добавленной стоимости v (шестой и седьмой шаги алгоритма) представлены на *рис. 2*.

На основе осредненных данных (*рис. 2*) за периоды 2017–2019 гг. и 2017–2020 гг. (восьмой шаг алгоритма) были получены оценки усредненных матриц \hat{F} , соответствующий вектор собственных чисел λ и темп роста g (%), равный обратному отношению к максимальному собственному числу матрицы (девятый и десятый шаги алгоритма). Полученные результаты представлены на *рис. 3*.

Полученные результаты позволяют построить модельную траекторию сбалансированного развития для периодов 2017–2019 гг. и 2017–2020 гг. и сравнивать ее с данными региональной статистики. На *рис. 4* представлены графики фактических выпусков и расчетные траектории для темпов прироста, указанных на *рис. 3*.

⁹ Стратегия социально-экономического развития Тюменской области до 2030 года (утв. Законом Тюменской области от 24.03.2020 № 23).
URL: <https://docs.cntd.ru/document/570710699?ysclid=lh398o5gtc892882135>

Выводы

Полученные результаты построения динамической модели развития на примере данных по югу Тюменской области позволяют сделать следующие выводы. Простота алгоритма идентификации коэффициентов матриц модели позволяет исследовать и осуществлять мониторинг влияния государственных и частных инвестиций на развитие региона, не принимая во внимание колебания в потреблении товаров и услуг населением.

Разумная сходимость траекторий, полученных на модели и по статистическим данным, делает возможным ее дальнейшее улучшение.

Рисунок 1

Выпуски и доли затрат по подсистемам

Figure 1

Output and cost shares by subsystem

2017						2018				
–	ПП	И	СЭ	ДХ	Выпуск	ПП	И	СЭ	ДХ	Выпуск
ПП	0,577	0,578	0,35	0,1	955,9	0,56	0,57	0,33	0,1	1 184,8
И	0,08	0,03	0,064	0,19	215,1	0,08	0,03	0,06	0,19	271,4
СЭ	0,234	0,2	0,325	0,26	879,2	0,26	0,2	0,346	0,26	1 062,9
ДХ	0,1	0,19	0,26	0,45	598,5	0,1	0,19	0,26	0,45	562,2
2019						2020				
–	ПП	И	СЭ	ДХ	Выпуск	ПП	И	СЭ	ДХ	Выпуск
ПП	0,54	0,51	0,4	0,08	1 089	0,56	0,54	0,4	0,1	955,7
И	0,11	0,03	0,08	0,2	210	0,08	0,026	0,059	0,2	204,25
СЭ	0,27	0,25	0,23	0,29	1 015	0,248	0,211	0,311	0,21	953,4
ДХ	0,08	0,2	0,29	0,43	569,4	0,1	0,2	0,22	0,48	683

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 2

Коэффициенты матрицы прямых затрат, доли инвестиций и добавленной стоимости по подсистемам

Figure 2

The coefficients of the direct cost matrix, shares of investments and added value by subsystem

2017							2018					
–	ПП	И	СЭ	ДХ	k	ν	ПП	И	СЭ	ДХ	k	ν
ПП	0,36	0,08	0,1	0,03	0,68	0,4	0,31	0,08	0,1	0,026	0,67	0,42
И	0,22	0,02	0,085	0,28	0,74	0,44	0,2	0,02	0,08	0,22	0,63	0,39
СЭ	0,16	0,03	0,11	0,09	0,88	0,65	0,16	0,03	0,11	0,076	0,86	0,63
ДХ	0,1	0,04	0,13	0,23	0,79	0,52	0,12	0,06	0,17	0,25	0,69	0,43
2019							2020					
–	ПП	И	СЭ	ДХ	k	ν	ПП	И	СЭ	ДХ	k	ν
ПП	0,32	0,06	0,14	0,02	0,7	0,44	0,33	0,064	0,14	0,1	0,64	0,38
И	0,33	0,02	0,14	0,31	0,56	0,36	0,22	0,014	0,096	0,2	0,63	0,38
СЭ	0,17	0,03	0,08	0,09	0,88	0,66	0,15	0,025	0,1	0,2	0,88	0,65
ДХ	0,09	0,04	0,19	0,57	0,75	0,45	0,08	0,03	0,1	0,48	0,76	0,48

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 3

Коэффициенты матрицы F по подсистемам, вектор собственных чисел этой матрицы и темп прироста

Figure 3

The coefficients of the matrix F by subsystem, the eigenvalue vector of this matrix, and the growth rate

2017–2019							2017–2020					
–	ПП	И	СЭ	ДХ	λ	g	ПП	И	СЭ	ДХ	k	g
ПП	9,25	1,78	4,85	4,61	27,5	3,6	12,57	3,24	7,38	8,56	42,8	2,3
И	9,41	3,52	6,53	8,06	3,7		16,63	6,84	11,76	15,6	3,5	
СЭ	8,9	2,08	8,49	6,55	2,2		13,5	3,94	12,01	11,92	1,7	
ДХ	11,87	3,11	9,33	13,35	1,2		16,49	5,09	12,75	18,99	2,4	

Источник: авторская разработка

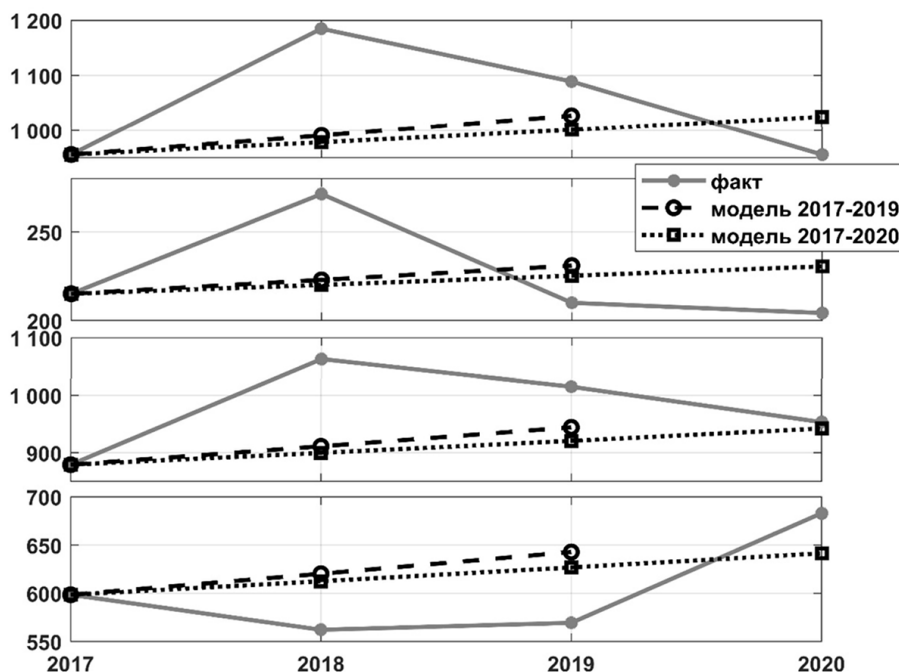
Source: Authoring

Рисунок 4

Графики фактических выпусков по подсистемам и модельные сбалансированные траектории, рассчитанные по осредненным оценкам за 2017–2019 гг. и 2017–2020 гг.

Figure 4

Actual output volumes by subsystem, and model balanced trajectories calculated based on averaged estimates for 2017–2019 and 2017–2020



Примечание. По оси x – время (в годах), по оси y – объемы выпуска основных отраслей по подсистемам (млн руб.).

Источник: авторская разработка по данным Тюменьстата

Source: Authoring, based on the Tyumenstat data

Список литературы

1. Miller R., Blair B. *Input-Output Analysis. Foundations and Extensions*. Cambridge, Cambridge University Press, 2009, 750 p.
URL: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511626982>
2. Ибрагимова Н.М. Моделирование мультипликаторов доходов и расходов населения на основе модели SAM: оценки для Узбекистана // *Экономика и математические методы*. 2017. Т. 53. № 4. С. 75–88.
URL: http://www.cemi.rssi.ru/emm/archive/Ekonom_Mat_metod_2017-4.pdf
3. Леонтьев В.В. *Межотраслевая экономика*. М.: Экономика, 1997. 479 с.
4. Смирнов Н.В., Смирнов Т.Е. Прогнозирование макроэкономических тенденций и управление многопродуктовой экономикой на основе

- динамических моделей межотраслевого баланса // *Финансы и бизнес*. 2015. № 1. С. 42–53.
URL: <https://finbiz.spb.ru/wp-content/uploads/2015/01/smironov.pdf>
5. *Шишкин А.А., Шишкин А.И.* Определение траектории развития региона // *Экономика и управление*. 2017. № 4. С. 27–32.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-traektorii-razvitiya-regiona/viewer>
 6. *Машунин Ю.К., Машунин И.А.* Организация управления, моделирование и прогнозирование развития экономики региона // *Региональная экономика и управление: электронный научный журнал*. 2016. № 1. С. 29–58. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsiya-upravleniya-modelirovanie-i-prognozirovanie-razvitiya-ekonomiki-regiona/viewer>
 7. *Джурка Н.Г.* Траектории развития Дальнего Востока: оценка на основе динамической модели экономических взаимодействий // *Проблемы прогнозирования*. 2018. № 2. С. 49–59.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/traektorii-razvitiya-dalnego-vostoka-otsenka-na-osnove-dinamicheskoy-modeli-ekonomicheskikh-vzaimodeystviy/viewer>
 8. *Дырхеев К.И.* Расширенная межотраслевая модель региона на основе методики Миядзавы // *Вестник Бурятского государственного университета. Экономика и менеджмент*. 2017. № 3. С. 65–71.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rasshirennaya-mezhotraslevaya-model-regiona-na-osnove-metodiki-miyadzavy/viewer>
 9. *Серебряков Г.Р., Узяков М.Н., Янтовский А.А.* Межотраслевая модель экономики Ивановской области // *Проблемы прогнозирования*. 2002. № 5. С. 64–74. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mezhotraslevaya-model-ekonomiki-ivanovskoy-oblasti/viewer>
 10. *Михеева Н.Н.* Долгосрочные прогнозы регионального развития: анализ результатов и проблемы разработки // *Проблемы прогнозирования*. 2018. № 5. С. 24–38. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dolgosrochnye-prognozy-regionalnogo-razvitiya-analiz-rezultatov-i-problemy-razrabotki/viewer>
 11. *Batey P.W.J., Weeks M.J.* The Effects of Household Disaggregation in Extended Input-Output Models. In: Miller R.E., Polenske K.R., Rose A.Z.

- (eds) *Frontiers of Input–Output Analysis*. New York, Oxford University Press, 1989, pp. 119–133.
12. Batey P.W.J., Madden M., Weeks M.J. Household Income and Expenditure in Extended Input-Output Models: A Comparative Theoretical and Empirical Analysis. *Journal of Regional Science*, 1987, vol. 27, iss. 3, pp. 341–356. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1467-9787.1987.tb01166.x>
13. Uzava H. Optimum Technical Change in an Aggregative Model of Economic Growth. *International Economic Review*, 1965, vol. 6, no. 1, pp. 18–31. URL: <https://doi.org/10.2307/2525621>
14. Tsibulsky V.R., Vazhenina L.V., Solovyov I.G. et al. Assessment of the Leontiev Productive Matrix of the Economic Development Model for Tyumen Region (Russia). *R-Economy*, 2022, vol. 8, iss. 2, pp. 135–147. URL: <https://doi.org/10.15826/recon.2022.8.2.011>
15. Цибульский В.Р., Соловьев И.Г., Важенина Л.В., Говорков Д.А. Оценивание модели межотраслевого баланса для юга Тюменской области // *Региональная экономика: теория и практика*. 2022. Т. 20. Вып. 8. С. 1586–1604. URL: <https://doi.org/10.24891/re.20.8.1586>

Информация о конфликте интересов

Мы, авторы данной статьи, со всей ответственностью заявляем о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

pISSN 2073-1477
eISSN 2311-8733

Economic-Mathematical Modeling

A DYNAMIC INPUT-OUTPUT MODEL OF THE TYUMEN OBLAST SOUTH'S DEVELOPMENT BASED ON THE VON NEUMANN ALGORITHM

Vladimir R. TSIBUL'SKII ^a,
Il'ya G. SOLOV'EV ^b,
Denis A. GOVORKOV ^{c*}

^a Center for Ethno-Ecological and Technological Research of Siberia,
Tyumen, Russian Federation
v-tsib@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0353-9522>

^b Industrial University of Tyumen (IUT),
Tyumen, Russian Federation
solovyev@ikz.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9871-0075>

^c Industrial University of Tyumen (IUT),
Tyumen, Russian Federation
dagovorkov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5430-0231>

* Corresponding author

Article history:

Article No. 107/2023
Received 30 Mar 2023
Received in revised
form 11 April 2023
Accepted 20 April 2023
Available online
16 May 2023

JEL classification:

B16, B21, D57, H72,
R13

Keywords:

input-output balance,
dynamic von Neumann
model, adjustment of
model coefficients,
development strategy,
Tyumen Oblast, growth
trajectory

Abstract

Subject. This article deals with the problem of constructing a real trajectory of the region's development and comparing it with the stated one.

Objectives. The article aims to develop an algorithm for calculating and analyzing a dynamic input-output model of the south of the Tyumen Oblast, including social and infrastructural subsystems, and households as an endogenous variable-aggregate.

Methods. For the study, we used the methods of construction and analysis of dynamic models by W. Leontief and J. von Neumann. Indicators of balanced growth trajectories were estimated using the Perron–Frobenius theorem.

Results. The article proposes an algorithm for the formation of an investment variable. The matrix of direct costs for each year and on average for the periods 2017–2019 and 2017–2020 was identified. Based on the available statistical data, von Neumann highways and model development trajectories were constructed.

Conclusions. The shown mechanism for a possible comparison of actual and planned optimal development can help organize digital monitoring of the region's development and analyze deviations from the optimal forecast.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2023

Please cite this article as: Tsibul'skii V.R., Solov'ev I.G., Govorkov D.A. A Dynamic Input-Output Model of the Tyumen Oblast South's Development Based on the von Neumann Algorithm. *Regional Economics: Theory and Practice*, 2023, vol. 21, iss. 5, pp. 959–975. <https://doi.org/10.24891/re.21.5.959>

Acknowledgments

The study was supported by the Russian Foundation for Basic Research (RFBR), project № 20-47-720001, *Designing an Algorithm for Regional Development Digital Monitoring, Taking into Account Changing Conditions, Target Function, and the Assessment of the Population's Perception of the Region's Development*.

References

1. Miller R., Blair B. *Input-Output Analysis. Foundations and Extensions*. Cambridge, Cambridge University Press, 2009, 750 p.
URL: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511626982>
2. Ibragimova N.M. [Modeling household income and expenditure multipliers in the SAM model: estimations for Uzbekistan]. *Ekonomika i matematicheskie metody = Economics and Mathematical Methods*, 2017, vol. 53, no. 4, pp. 75–88.
URL: http://www.cemi.rssi.ru/emm/archive/Ekonom_Mat_metod_2017-4.pdf (In Russ.)
3. Leontief W.W. *Mezhotraslevaya ekonomika [Input-Output Economics]*. Moscow, Ekonomika Publ., 1997, 479 p.
4. Smirnov N.V., Smirnova T.E. [Prediction of macroeconomic trends and control of a multicommodity economy based on the dynamic input-output models]. *Finansy i biznes = Finance and Business*, 2015, no. 1, pp. 42–53.
URL: <https://finbiz.spb.ru/wp-content/uploads/2015/01/smirnov.pdf> (In Russ.)
5. Shishkin A.A., Shishkin A.I. [Determining the trajectory of regional development]. *Ekonomika i upravlenie = Economics and Management*, 2017, no. 4, pp. 27–32. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-traektorii-razvitiya-regiona/viewer> (In Russ.)
6. Mashunin Yu.K., Mashunin I.A. [Organization of management, modeling and forecasting of development of economy of the region]. *Regional'naya ekonomika i upravlenie: elektronnyi nauchnyi zhurnal*, 2016, no. 1, pp. 29–58.

- (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsiya-upravleniya-modelirovanie-i-prognozirovanie-razvitiya-ekonomiki-regiona/viewer>
7. Dzhurka N.G. [Development trajectories of the Russian Far East: evaluation based on the dynamic model of economic interactions]. *Problemy prognozirovaniya = Studies on Russian Economic Development*, 2018, no. 2, pp. 49–59. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/traektorii-razvitiya-dalnego-vostoka-otsenka-na-osnove-dinamicheskoy-modeli-ekonomicheskikh-vzaimodeystviy/viewer> (In Russ.)
 8. Dyrkheev K.P. [Extended input-output model of the region based on Miyazawa's methodology]. *Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomika i menedzhment = Bulletin of Buryat State University. Economics and Management*, 2017, no. 3, pp. 65–71. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rasshirennaya-mezhotraslevaya-model-regiona-na-osnove-metodiki-miyadzavy/viewer> (In Russ.)
 9. Serebryakov G.R., Uzyakov M.N., Yantovsky A.A. [The Ivanovo Oblast economy: An IO model]. *Problemy prognozirovaniya = Studies on Russian Economic Development*, 2002, no. 5, pp. 64–74. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mezhotraslevaya-model-ekonomiki-ivanovskoy-oblasti/viewer> (In Russ.)
 10. Mikheeva N.N. [Long-term forecasts of regional development: analysis of results and the problem of development]. *Problemy prognozirovaniya = Studies on Russian Economic Development*, 2018, no. 5, pp. 24–38. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dolgosrochnye-prognozy-regionalnogo-razvitiya-analiz-rezultatov-i-problemy-razrabotki/viewer> (In Russ.)
 11. Batey P.W.J., Weeks M.J. The Effects of Household Disaggregation in Extended Input-Output Models. In: Miller R.E., Polenske K.R., Rose A.Z. (eds) *Frontiers of Input-Output Analysis*. New York, Oxford University Press, 1989, pp. 119–133.
 12. Batey P.W.J., Madden M., Weeks M.J. Household Income and Expenditure in Extended Input-Output Models: A Comparative Theoretical and Empirical Analysis. *Journal of Regional Science*, 1987, vol. 27, iss. 3, pp. 341–356. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1467-9787.1987.tb01166.x>
 13. Uzava H. Optimum Technical Change in an Aggregative Model of Economic Growth. *International Economic Review*, 1965, vol. 6, no. 1, pp. 18–31. URL: <https://doi.org/10.2307/2525621>

14. Tsibul'skii V.R., Vazhenina L.V., Solovyov I.G. et al. Assessment of the Leontiev Productive Matrix of the Economic Development Model for Tyumen Region (Russia). *R-Economy*, 2022, vol. 8, iss. 2, pp. 135–147. URL: <https://doi.org/10.15826/recon.2022.8.2.011>
15. Tsibul'skii V.R., Solov'ev I.G., Vazhenina L.V., Govorkov D.A. [Estimation of the input-output balance model for the south of the Tyumen Oblast]. *Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika = Regional Economics: Theory and Practice*, 2022, vol. 20, iss. 8, pp. 1586–1604. (In Russ.) URL: <https://doi.org/10.24891/re.20.8.1586>

Conflict-of-interest notification

We, the authors of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.