УДК 330.44

Ляшенко О. І.

МІЖГАЛУЗЕВІ БАЛАНСОВІ МОДЕЛІ БАГАТОУКЛАДНОЇ ЕКОНОМІКИ

У роботі запропоновані статичні та динамічні міжгалузеві моделі багатоукладної закритої економіки, що використовують міжгалузевий підхід у рамках кожного технологічного укладу. Для статичних моделей використовуються методи агрегування та оптимізації. Для динамічних моделей реалізується магістральний підхід.

Ключові слова: багатоукладна економіка, статичні міжгалузеві моделі, динамічні міжгалузеві моделі, прямі та двоїсті балансові моделі, агрегування лінійних балансових моделей, оптимізаційні міжгалузеві моделі, магістральні траєкторії

Формул: 27. *Бібл.*: 9.

Ляшенко Олена Ігорівна – доктор економічних наук, доцент, професор, кафедра економічної кібернетики, Київський національний університет ім. Т. Шевченка (вул. Володимирська, 60, Київ, 01601, Україна)

Email: lyashenko@univ.kiev.ua

УДК 330.44

Ляшенко Е. И.

МЕЖОТРАСЛЕВЫЕ БАЛАНСОВЫЕ МОДЕЛИ МНОГОУКЛАДНОЙ ЭКОНОМИКИ

В работе предложены статические и динамические межотраслевые модели многоукладной закрытой экономики, использующие межотраслевой подход в рамках каждого технологического уклада. Для статических моделей используются методы агрегирования и оптимизации. Для динамических моделей реализуется магистральный подход.

Ключевые слова: многоукладная экономика, статические межотраслевые модели, динамические межотраслевые модели, прямые и двойственные балансовые модели, агрегирование линейных балансовых моделей, оптимизационные межотраслевые модели, магистральные траектории

Формул: 27. *Библ.*: 9.

Ляшенко Елена Игоревна – доктор экономических наук, доцент, профессор, кафедра экономической кибернетики, Киевский национальный университет им. Т. Шевченко (ул. Владимирская, 60, Киев, 01601, Украина)

Email: lyashenko@univ.kiev.ua

UDC 330.44

Lyashenko Y. I.

INTER-BRANCH MODELS OF MULTI-STRUCTURAL ECONOMY

The article offers static and dynamic inter-branch models of a multi-structural closed economy, which use an inter-branch approach within the framework of each technological structure. Methods of aggregation and optimisation are used for static models. The main-line approach is realised for dynamic models.

Key words: multi-structural economy, static inter-branch models, dynamic inter-branch models, direct and ambivalent balance models, aggregation of linear balance models, optimisation inter-branch models, main-line trajectories

Formulae: 27. *Bibl.*: 9.

Lyashenko Yelena I. – Doctor of Science (Economics), Associate Professor, Professor, Department of Economic Cybernetics, Kyiv National University named after T. Shevchenko (vul. Volodymyrska, 60, Kyiv, 01601, Ukraine)

Email: lyashenko@univ.kiev.ua

Вступ. Одним з найбільш важливих економічних об'єктів є виробничий сектор економіки, що представляє складну систему міжгалузевих зв'язків. Для аналізу і планування виробництва та розподілу продукції на різних рівнях – від національної економіки до окремого підприємства – застосовуються міжгалузеві балансові моделі лінійного типу, що базуються на статичній моделі «витрати-випуск» В. Леонтьєва [1]:

$$x = Ax + y, \quad x \ge 0, \quad y > 0, \tag{1}$$

де $x = (x_1, x_2, ..., x_n)^T$ – вектор повного випуску продукції,

$y = (y_1, y_2, ..., y_n)^T$ – вектор кінцевого випуску продукції,

$A = (a_{ij})_1^n \ge 0$ – технологічна матриця коефіцієнтів прямих виробничих витрат продукції.

Вказана модель є основою побудови відомих таблиць «витрати-випуск», які є одним з ключових елементів системи національних рахунків, що складаються в більше ста країн світу [2]. Завдяки потужним аналітичним можливостям таблиці «витрати-випуск» називають «фотографією економіки», а модель Леонтьєва – найбільш комплексною числовою моделлю національної економіки, що протягом багатьох десятиліть активно використовується в економічних дослідженнях і світовій практиці управління економікою.

Російський вчений С. Глазьєв [3] розробив концепцію технологічних укладів, що є вдалим поєднанням інвестиційних та інноваційних ідей Й. Шумпетера при дослідженні довгострокової макроекономічної динаміки.

На думку автора даної концепції, в технологічній структурі економіки можна виділити групи технологічних сукупностей, що пов'язані між собою однотипними технологічними ланцюгами, – технологічні уклади. Кожний такий уклад є цілісним і стійким утворенням, в межах якого здійснюється замкнутий цикл, включаючи видобуток та одержання первинних ресурсів, що задовольняють відповідний тип суспільного споживання.

У даний час загальновизнаною є точка зору про існування шести технологічних укладів. На сьогоднішній день в розвинених країнах домінують технології п'ятого укладу і формуються технології шостого технологічного укладу.

У вітчизняній економіці домінантним є виробництво третього та четвертого технологічних укладів, які в своїй більшості мають низьку наукоємність. Випуск продукції по укладах має таку структуру: 3-й уклад – 57,9%, 4-й – 38%, 5-й – 4%, 6-й – 0,1% [4].

Концепція технологічних укладів передбачає заміну галузевого розподілу національної економіки на розподіл за технологічним принципом. Пріоритетним стає не розширення певних галузей, а розвиток високих технологій у всіх галузях. Кожному технологічному укладу притаманні свої провідні технології, що складають його ядро.

Постановка завдання. О. Гранберг, який присвятив багато робіт моделі «витрати-випуск», відзначав, що В. Леонтьєв ніколи не відмовлявся від розширення та певного ускладнення самої базової моделі, яку використовував лише як основний модуль для цілісної економіко-математичної конструкції. Поряд з «класичними», чисто балансовими моделями, з'являються міжгалузеві оптимізаційні моделі та моделі економічної взаємодії, інтегровані моделі національної економіки, еколого-економічні балансові моделі, що включають як особливий блок удосконалену модель «витрати-випуск» [2].

Наприклад, якщо економіка країни складається з n галузей, але кожна галузь здійснює випуск продукції m технологічними способами, то для такої економіки міжгалузеву модель (1) можна узагальнити таким чином:

$$x = (A_1, A_2, ..., A_m)\left(x_1^T, x_2^T, ..., x_m^T\right)^T + y, \qquad (2)$$

де $x = x_1 + x_2 + ... + x_m$ – агрегований повний випуск продукції;

y – агрегований кінцевий продукт;

$A_1, A_2, ..., A_m$ – технологічні матриці коефіцієнтів прямих витрат кожного з m технологічних способів.

Вперше подібну до (2) модель на випадок двох технологічних укладів (одночасного їх існування) запропоновано в роботі [5], однак подальшого розвитку вказана ідея не набула.

У роботі [6] m-укладну закриту економіку запропоновано представити як суму окремих укладів, для кожного з яких записують свої міжгалузеві моделі

$$x_k = A_k x_k + y_k, \quad x_k \geq 0, \quad y_k > 0, \quad k = 1, 2, ..., m, \qquad (3)$$

де y_k – вектор кінцевої продукції k-го технологічного укладу. При цьому

$$x = x_1 + x_2 + ... + x_m, \quad y = y_1 + y_2 + ... + y_m. \qquad (4)$$

Тоді міжгалузевий баланс багатоукладної закритої економіки можна записати так:

$$\sum_{k=1}^{m} x_k = \sum_{k=1}^{m} A_k x_k + \sum_{k=1}^{m} y_k,$$
$$x_k \geq 0, \quad y_k > 0, \quad k = 1, 2, ..., m, \qquad (5)$$

що є узагальненням класичної моделі (1).

У зв'язку з можливістю представлення міжгалузевої багатоукладної економіки (2) у вигляді (3) – (4) виникає таке наукове завдання – з'ясувати, які економічні задачі виникають в багатоукладній економіці і як вони можуть вирішуватись.

Результати дослідження. Основною задачею багатоукладної економіки є порівняння економік окремих технологічних укладів, вибір з них найбільш ефективної в умовах існуючих ресурсних обмежень, а також з'ясування магістрального розвитку багатоукладної економіки. У зв'язку з цим розглянемо спочатку статичний випадок, а потім динамічний випадок.

1. **Статичний випадок.** Отже, розглянемо статичну балансову модель багатоукладної економіки у вигляді (3), (4). Будемо вважати, що всі технологічні матриці коефіцієнтів прямих витрат $A_k \geq 0$, $k = 1, 2, ..., m$ є продуктивними [7], тобто існують невід'ємні обернені матриці

$$(I - A_k)^{-1} \geq 0. \qquad (6)$$

Тоді співвідношення (3) можуть бути записані у вигляді

$$x_k = (I - A_k)^{-1} y_k, \quad x_k \geq 0, \quad y_k > 0, \quad k = 1, 2, ..., m. \qquad (7)$$

Нехай $p_k = (p_{k1}, p_{k2}, ..., p_{kn}) > 0$ – вектор цін продукції k-го технологічного укладу. Після множення рівнянь (3) зліва на вектор-рядок p_k одержимо баланс вартостей k-го укладу

$$p_k x_k = p_k A_k x_k + p_k y_k, \quad k = 1, 2, ..., m. \qquad (8)$$

У збалансованій економіці $p_k y_k = r_k x_k$, де $r_k = (r_{k1}, r_{k2}, ..., r_{kn}) > 0$ – коефіцієнти доданої вартості. Тому співвідношення (8) можна записати у вигляді

$$p_k x_k = p_k A_k x_k + r_k x_k, \quad k = 1, 2, ..., m,$$

або

$$(p_k - p_k A_k - r_k) x_k = 0, \quad k = 1, 2, ..., m. \qquad (9)$$

Оскільки (9) повинно виконуватись при будь-яких $x_k \geq 0$, $k = 1, 2, ..., m$, то це можливо лише при умові, що

$$p_k = p_k A_k + r_k, \quad k = 1, 2, ..., m. \qquad (10)$$

Співвідношення (3) та (10) можна розглядати як прямі та двоїсті часткові моделі багатоукладної економіки. При заданих векторах p_k та r_k, $k = 1, 2, ..., m$ з (3) та (10) можна знайти обсяги виробництва та ціни продукції відповідних технологічних укладів.

Порівнювати вектори x_k та вектори p_k, $k = 1, 2, ..., m$ можна, але отримати при цьому якийсь загальний результат складно. Необхідно перейти до агрегованих показників.

У роботі [8] запропонована методика агрегування моделі міжгалузевого балансу за допомогою вектора рівноважних цін. Коротко ця методика для агрегування в єдиний продукт полягає в такому. Нехай $p > 0$ шуканий вектор агрегування моделі (1). Тоді маємо

$$px = pAx + py. \qquad (11)$$

Тут $px = X$ – агрегований повний випуск (ВВП), $py = Y$ – кінцевий продукт. Отже,

$$X = pAx + Y. \qquad (12)$$

Водночас агрегований в один продукт баланс має вигляд

$$X = aX + Y \qquad (13)$$

або

$$X = apx + Y, \qquad (14)$$

де $a > 0$ – коефіцієнт прямих матеріальних витрат.

Вимога точного агрегування $pAx = apx$ або $p(A - aI)x = 0$ приводить до двох висновків:

1) для будь-якого вектора $x > 0$ буде $p(A - aI) = 0$, звідки $a = \lambda_A > 0$ – корінь Фробеніуса (найбільше власне число) матриці A, $p = p_A > 0$ – лівий власний вектор, що відповідає власному числу λ_A [7];

2) для будь-якого вектора $p > 0$ буде $(A - aI)x = 0,$, звідки $a = \lambda_A > 0,$, $x = x_A > 0$ – правий власний вектор.

Таким чином, частковий міжгалузевий баланс (3) приводить до такого висновку: корінь Фробеніуса λ_{A_k} характеризує коефіцієнт прямих матеріальних витрат k-го технологічного укладу, а лівий власний вектор p_{A_k} характеризує рівноважний вектор цін k-го технологічного укладу.

При цьому потрібно враховувати той факт, що величини λ_{A_k} та p_{A_k} характеризують ідеальний стан збалансованості економіки, структура якої описується технологічною матрицею A_k. У реальності, завдяки відхиленню реальних цін від рівноважних коефіцієнт прямих матеріальних витрат дещо більший від ідеального стану λ_{A_k}.

Іншою задачею управління багатоукладною економікою є задача найбільш раціонального використання існуючих технологічних укладів при наявних обмежених ресурсах. Таким ресурсом, зокрема, може бути праця (робоча сила).

Нехай $l_k = (l_{k1}, l_{k2}, ..., l_{kn}) > 0$ – відомий вектор трудоємностей при випуску продукції $x_k = (x_{k1}, x_{k2}, ..., x_{kn})^T \geq 0$ k-им технологічним укладом, L – наявний загальний обсяг трудового ресурсу. Далі, нехай $c_k = (c_{k1}, c_{k2}, ..., c_{kn}) > 0$ – відомий вектор корисності одиничного кінцевого випуску продукції k-им технологічним укладом.

Тоді оптимальним управлінням багатоукладної економіки є розв'язок задачі

$$\sum_{k=1}^{m} c_k y_k \to \max,$$

$$x_k = A_k x_k + y_k, \quad k = 1, 2, ..., m,$$

$$\sum_{k=1}^{m} l_k x_k \leq L, \tag{15}$$

$$x_k \geq 0, \quad y_k \geq 0, \quad k = 1, 2, ..., m.$$

Звільняючись в оптимізації задачі (15) від змінних x_k згідно з формулою (7), одержуємо таку задачу лінійного програмування:

$$\sum_{k=1}^{m} c_k y_k \to \max,$$

$$\sum_{k=1}^{m} l_k (I - A_k)^{-1} y_k \leq L, \tag{16}$$

$$y_k \geq 0, \quad k = 1, 2, ..., m.$$

Задача лінійного програмування (16) має mn змінних та n обмежень. Згідно із загальною теорією лінійного програмування не вироджена задача (16) в оптимальному розв'язку має лише n ненульових змінних, що означає, що кожний вид продукції буде випускатись лише одним технологічним способом. Подібна інформація може бути корисною для управління багатоукладною економікою. Недоліком цієї задачі є те, що тут не враховують інші обмеження, крім трудових ресурсів.

2. **Динамічний випадок.** Як відомо [7], статичній моделі міжгалузевого балансу (1) відповідає динамічна модель

$$x = Ax + B\dot{x} + c, \quad x \geq 0, \quad \dot{x} \geq 0, \quad c > 0, \tag{17}$$

де $x(t)$ – вектор валового випуску,

$c(t)$ – вектор споживання,

$\dot{x}(t)$ – вектор приросту валового випуску (похідна по часу t),

A – матриця коефіцієнтів прямих матеріальних витрат,

B – матриця коефіцієнтів капіталоємності продукції.

У роботі [9] запропонована методика побудови двоїстої моделі для прямої моделі (17), а також проведено дослідження магістральної траєкторії для (17) в залежності від тієї чи іншої динамічної гіпотези. Коротко нагадаємо ці результати.

Помножимо зліва співвідношення (17) на векторрядок цін $p(t)$. Одержимо вартісний баланс

$$px = pAx + pB\dot{x} + pc. \tag{18}$$

Приймемо дві гіпотези відносно функціонування економіки:

1) статична гіпотеза: $pc = rx$ (баланс створеної та доданої вартостей);

2) динамічна гіпотеза: $pB\dot{x} = \dot{p}Bx$ (створення нових потужностей досягається за рахунок підняття цін на продукцію).

Тоді співвідношення (18) приймають вигляд

$$px = pAx + pB\dot{x} + rx$$

або

$$(p - pA - \dot{p}B - r)x = 0,$$

звідки для будь-яких x ≥ 0 одержуємо

$$p = pA + \dot{p}B + r, \quad p \geq 0, \quad \dot{p} \geq 0, \quad r > 0. \tag{19}$$

Модель (19), що описує динамічну ціну, є двоїстою по відношенню до прямої моделі (18), що описує динаміку обсягів продукції.

Магістраль динамічної моделі (17) – це структура (співвідношення компонентів вектора валового випуску), що відповідає максимальному темпу збалансованого економічного зростання. Відповідно, магістраль динамічної моделі (19) – це структура вектора цін, що відповідає максимальному темпу збалансованого зростання цін.

Виходячи з такого визначення магістралі, процедуру одержання магістральної траєкторії здійснюємо таким чином: досліджуємо розв'язок однорідного рівняння (17) у вигляді $e^{\lambda t}\bar{x}$, де $\bar{x} > 0$ – шукана структура; далі досліджуємо частковий розв'язок неоднорідного рівняння (17) при заданому $c = e^{\mu t}\bar{c}$, де $\bar{c} > 0$ – відоме; після цього робимо висновок про існування магістралі та її темп зростання.

Після підстановки в рівняння (17) $c \equiv 0$ та $x(t) = e^{\lambda t}\bar{x}$ одержуємо співвідношення

$$\overline{x} = A\overline{x} + \lambda B\overline{x}, \tag{20}$$

звідки маємо

$$\left[(I-A)^{-1}B - \lambda^{-1}I\right]\overline{x} = 0,$$

де $(I-A)^{-1}B \ge 0, \quad \overline{x} > 0.$

Звідси робимо висновок, що

$$\lambda = \lambda^{-1}_{(I-A)^{-1}B}, \quad \overline{x} = x_{(I-A)^{-1}B}. \tag{21}$$

Легко перевірити, що додатній частковий розв'язок рівняння (17) при $c = e^{\mu t}\overline{c}, \quad \overline{c} > 0$ існує лише при $\mu < \lambda^{-1}_{(I-A)^{-1}B}$. Отже, максимальний темп зростання і магістраль для динамічної моделі (17) дається співвідношеннями (21).

Аналогічні результати одержуються при дослідженні двоїстої динамічної моделі (19), а саме

$$\lambda = \lambda^{-1}_{B(I-A)^{-1}} = \lambda^{-1}_{(I-A)^{-1}B}, \quad \overline{p} = p_{B(I-A)^{-1}}. \tag{22}$$

Таким чином, динамічні міжгалузеві моделі (17) та (19) характеризуються тим, що їх магістральні траєкторії мають один і той же темп зростання, а магістралі визначаються правим та лівим власними векторами відповідних матриць.

Перенесемо описані результати на випадок багатоукладної економіки. При цьому k-й технологічний уклад описується прямою динамічною моделлю

$$x_k = A_k x_k + B_k \dot{x}_k + c_k, \quad x_k \ge 0, \quad \dot{x}_k \ge 0, \quad c_k > 0 \tag{23}$$

та двоїстою моделлю

$$p_k = p_k A_k + \dot{p}_k B_k + r_k, \quad p_k \ge 0, \quad \dot{p}_k \ge 0, \quad r_k > 0. \tag{24}$$

Темп зростання магістральної траєкторії k-го технологічного укладу має вигляд

$$\lambda_k = \lambda^{-1}_{(I-A_k)^{-1}B_k}, \tag{25}$$

магістралі обсягів виробництва

$$\overline{x}_k = x_{(I-A_k)^{-1}B_k} \tag{26}$$

та магістралі цін

$$\overline{p}_k = p_{B_k(I-A_k)^{-1}}. \tag{27}$$

Порівнюючи величини (25) при $k = 1, 2, ..., m$ знаходимо технологію (технологічний уклад), що має найефективнішу довгострокову динаміку.

Висновки. Таким чином, в даній роботі запропоновані та досліджені статичні та динамічні міжгалузеві моделі багатоукладної економіки. Аналізуються моделі міжгалузевих балансів окремих технологічних укладів. Технологічні уклади порівнюються за коефіцієнтами прямих матеріальних витрат, за темпами магістрального розвитку та структурами магістралей.

Актуальною залишається апробація отриманих теоретичних результатів на статистичних даних економіки України.

ЛІТЕРАТУРА

1. Леонтьев В. В. Межотраслевая экономика / В. В. Леонтьев. – М. : Экономика, 1997. – 479 с.
2. Гранберг А. Г. Василий Леонтьев в мировой и отечественной экономической науке / А. Г. Гранберг // Экономический журнал ВШЭ. – 2006. – № 3 – 471 – 491.
3. Глазьев С. Ю. Теория долгосрочного технико-экономического развития / С. Ю. Глазьев. – М. : ВлаДар, 1993. – 310 с.
4. Стратегічні виклики XXI століття суспільству та економіці України : В 3 т. Т. 1. / За ред. В. М. Гейця, В. П. Семіноженка, Б. Є. Кваснюка. – К. : Фенікс, 2007. – 544 с.
5. Бирський В. В. Моделювання людського потенціалу держави: дис. ... канд. екон. наук; 08.00.11 / В. В. Бирський. – Запоріжжя, 2006. – 199с.
6. Ляшенко О. І. Економіко-математичне моделювання багатоукладного виробничого сектору / О. І. Ляшенко, С. В. Хомич // Вісник НУВГП : Збірник наукових праць. Секція «Економіка». – №3 (51). – Рівне, 2010. – С. 150 – 157.
7. Пономаренко О. І. Сучасний економічний аналіз : У 2 ч. Ч. 2. Макроекономіка : [навч. посібник] / О. І. Пономаренко, М. О. Перестюк, В. М. Бурим. – К. : Вища школа, 2004. – 207 с.
8. Ляшенко І. М. Узгодження деталізованих та агрегованих міжгалузевих балансів / І. М. Ляшенко, А. М. Онищенко, І. М. Онищенко // Моделі та інформаційні системи в економіці. – 2009. – № 80. – С. 37 – 50.
9. Ляшенко І. М. Економічні гіпотези та динаміка рівноважних цін в моделі Леонтьєва «витрати-випуск» / І. М. Ляшенко, О. І. Ляшенко, А. М. Онищенко // Економічна кібернетика. – 2009. – № 3-4 (57-58). – С. 46 – 52.

REFERENCES

Byrskyi, V. V. «Modeliuvannia liudskoho potentsialu derzhavy» [Modeling human potential.]. dys. ... kand. ekon. nauk; 08.00.11. , 2006.

Granberg, A. G. «Vasiliy Leontev v mirovoy i otechestvennoy ekonomicheskoy nauke» [Wassily Leontief in the global and domestic economic science]. Ekonomicheskiy zhurnal VShE, no. 3 (2006): 471–491.

Glazev, S. Yu. Teoriia dolgosrochnogo tekhniko-ekonomicheskogo razvitiia [The theory of long-term technical and economic development]. Moscow: VlaDar, 1993.

Leontev, V. V. Mezhotraslevaia ekonomika [Cross-industry economy]. Moscow: Ekonomika, 1997.

Liashenko, O. I., and Khomych, S. V. «Ekonomiko-matematychne modeliuvannia bahatoukladnoho vyrobnychoho sektoru» [Economic modeling multi-manufacturing sector]. Visnyk NUVHP, no. 3(51) (2010): 150–157.

Liashenko, I. M., Onyshchenko, A. M., and Onyshchenko, I. M. «Uzhodzhennia detalizovanykh ta ahrehovanykh mizhhaluzevykh balansiv» [Approval of detailed and aggregated interbranch balances]. Modeli ta informatsiini systemy v ekonomitsi, no. 80 (2009): 37–50.

Liashenko, I. M., Liashenko, O. I., and Onyshchenko, A. M. «Ekonomichni hipotezy ta dynamika rivnovazhnykh tsin v modeli Leontieva «vytraty-vypusk»» [Economic hypotheses and dynamics of equilibrium prices in Leontief model «input-output»]. Ekonomichna kibernetyka, no. 3-4(57-58) (2009): 46–52.

Ponomarenko, O. I., Perestiuk, M. O., and Burym, V. M. Suchasnyi ekonomichnyi analiz [Modern economic analysis]. Kyiv: Vyshcha shkola, 2004.

Stratehichni vyklyky KhKhI stolittia suspilstvu ta ekonomitsi Ukrainy [Strategic Challenges of the XXI century society and economy in Ukraine]. Kyiv: Feniks, 2007.