

И. И. БАБИЧ

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕЖОТРАСЛЕВЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ УКРАИНЫ

Удосконалено імітаційну модель прогнозування науково-технологічного розвитку видів економічної діяльності України шляхом перегрупування та розширення кількості видів економічної діяльності в імітаційній моделі у відповідності до національного класифікатора КВЕД 2012 та розробки математичної моделі міжгалузевої взаємодії видів економічної діяльності. Розроблено алгоритм моделювання міжгалузових взаємодій, що дозволяє спрогнозувати обсяг виробленої продукції кожним з видів економічної діяльності та необхідний обсяг імпорту для виробничих потреб.

Ключові слова: моделювання, імітаційна модель, прогнозування, промисловість, міжгалузеві взаємодії.

Усовершенствована имитационная модель прогнозирования научно-технологического развития видов экономической деятельности Украины путем перегруппировки и расширения количества видов экономической деятельности в имитационной модели в соответствии с национальным классификатором КВЭД 2012 и разработки математической модели межотраслевых взаимодействий видов экономической деятельности. Разработан алгоритм моделирования межотраслевых взаимодействий, который позволяет прогнозировать объем производимой продукции каждым из видов экономической деятельности и необходимый объем импорта для производственных нужд.

Ключевые слова: моделирование, имитационная модель, прогнозирование, промышленность, межотраслевые взаимодействия.

An improved version of the simulation model for forecasting scientific and technological development of economic activities in Ukraine has been developed within the framework of the research. The improved simulation model is fully consistent with the new classifier of economic activities in Ukraine, which was developed on the basis of the international statistical classification of economic activities by the European Union (NACE). Thus, it is possible to use the improved simulation model to predict the development of the industry, not only in Ukraine but also in any European Union country. To predict the process of production and distribution of products between economic activities, public sector, final consumption of the population, and foreign consumers the unit for modeling interbranch interactions has been integrated into the simulation model. Another developed unit allows modeling production volume of import for intra-consumption (production needs) for each of the considered in the simulation model economic activity. The improved structure of the simulation model gives the ability to predict the development of industry in Ukraine not only in the context of its main industries but also in the context of economic activities that form the industries.

Keywords: modeling, simulation model, forecasting, industry, interbranch interactions.

Введение. Промышленность на протяжении долгих лет была локомотивом развития экономики Украины. На ее долю приходилась значительная часть валового внутреннего продукта, основных фондов и занятого в экономике населения. Однако в последние два десятилетия часто принимались не очень обоснованные решения, которые привели к существенному упадку этой когда-то процветающей отрасли экономики. Одна из причин ошибок, которые допускались, состоит в том, что решения принимались без достаточно обоснованного прогнозирования и анализа их последствий.

Данная проблема может быть эффективно решена только с использованием комплексной компьютерной модели объекта исследования. В настоящее время существует большое количество различных имитационных моделей прогнозирования динамики развития сложных производственно-экономических систем. Главным недостатком большинства данных моделей является их неспособность прогнозировать научно-технологическое и инновационное развитие производственной системы [1].

Данный недостаток был устранен в имитационной модели прогнозирования научно-технологического развития видов экономической деятельности Украины [2, 3], которая была разработана в рамках Государственной программы прогнозирования научно-технологического развития Украины на 2008–2012 гг. Данная модель позволяет моделировать цепочку «Образование → НИОКР → Производство» и прогнозировать производство как рядовой, так и инновационной продукции для 11-ти видов

экономической деятельности Украины, объединенных в 4 отрасли промышленности (электроэнергетика, машиностроение, металлургия, пищевая промышленность). В целом имитационная модель содержит более 2000 переменных и параметров и позволяет получить прогноз изменения десятков показателей для любого из моделируемых видов экономической деятельности.

С использованием данной модели были получены долгосрочные прогнозы развития 11-ти видов экономической деятельности Украины на 2009–2018 гг. Точность прогнозирования модели была оценена в работе [4] на основании статистических данных за 2009–2013 гг. о динамике развития вида экономической деятельности «Металлургическое производство». Оценка точности прогноза осуществлялась по 6-ти показателям. Средняя абсолютная ошибка в процентах (показатель MAPE) на проверочном интервале составила 19,48%.

Главным недостатком описанной имитационной модели [2, 3] является ограниченность количества моделируемых видов экономической деятельности и то, что каждый вид экономической деятельности моделируется отдельно от остальных, хотя в реальной производственной системе существует большое количество межотраслевых взаимодействий как внутри системы, так и с внешними рынками. Поэтому усовершенствование имитационной модели в данном направлении является актуальной задачей и должно в дальнейшем повысить качество прогнозных данных, полученных с ее использованием.

Целью статьи является усовершенствование имитационной модели прогнозирования научно-технологического развития видов экономической деятельности Украины путем перегруппировки и расширения количества видов экономической деятельности в имитационной модели и разработки математической модели межотраслевых взаимодействий видов экономической деятельности.

Анализ исследований и публикаций. Проведенный в рамках исследования анализ показал, что проблема моделирования межотраслевых взаимодействий достаточно обстоятельно изучена и ей посвящено обширное количество разнообразных публикаций. В основе большинства публикаций лежит модель межотраслевого баланса, разработанная В. В. Леонтьевым [5-7] и его последователями [8-9]. Данная модель в настоящее время является одной из наиболее разработанных народнохозяйственных экономико-математических моделей. Она неоднократно применялась (с определенными модификациями) в межотраслевых исследованиях для различных стран [10,11].

Изложение основного материала статьи. Для моделирования межотраслевых взаимодействий в имитационной модели [2,3] предлагается использовать межотраслевой баланс В. В. Леонтьева или так называемый метод «Затраты-Выпуск» [7].

Статическая балансовая модель в натуральном выражении представляет собой матричное уравнение следующего вида

$$A \cdot X + Y = X, \quad (1)$$

где $A = \{a_{i,j}\}_{i,j=1,n}$ – технологическая матрица (матрица материалоемкости), которая показывает какое количество продукции i -й отрасли используется для производства единицы продукции в j -й отрасли. При этом предполагается, что каждая из n рассматриваемых отраслей выпускает один единственный монопродукт.

$X = \bar{X}(x_1 \dots x_i \dots x_n)$ – вектор валового выпуска отраслей для удовлетворения чистого конечного спроса.

$Y = \bar{Y}(Y_1 \dots Y_i \dots Y_n)$ – вектор чистого конечного продукта отраслей, который показывает объемы выпуска продукции каждой из n отраслей, которые поступают на непродуцируемое (конечное) потребление.

Очевидно, что уравнение (1) описывает закрытую производственную систему, в которой не учитываются потоки продукции из-за границы, т.е. импорт продукции.

Для устранения данного недостатка, используя классическое макроэкономическое соглашение, представим вектор чистого конечного потребления Y в следующем виде:

$$Y = Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 - I, \quad (2)$$

где Y_1 – потребление продукции домашними хозяйствами; Y_2 – потребление продукции органами государственной власти; Y_3 – валовое накопление капитала; Y_4 – экспорт продукции; I – импорт продукции.

Группируя слагаемые правой части уравнения (2), можно записать, что

$$Y = \bar{Y} - I, \quad (3)$$

где $\bar{Y} = \sum_{k=1}^4 Y_k$ – конечный спрос на товары и услуги.

Расщепим технологическую матрицу $A = \{a_{i,j}\}_{n \times n}$ на две составляющие

$$A = A_x + A_l, \quad (4)$$

где A_x , A_l – матрицы промежуточного потребления отечественной и импортной продукции соответственно.

Аналогичным образом также представим конечный спрос \bar{Y} в виде суммы конечного спроса на отечественную продукцию \bar{Y}_x и конечного спроса на импортную продукцию \bar{Y}_l . В результате можно записать, что

$$\bar{Y} = \bar{Y}_x + \bar{Y}_l. \quad (5)$$

Подставляя соотношения (3)–(5) в матричное уравнение (1), получим следующее выражение

$$(A_x + A_l) \cdot X + \bar{Y}_x + \bar{Y}_l - I = X. \quad (6)$$

Перегруппируем слагаемые в выражении (6) следующим образом

$$X + I = (A_x \cdot X + \bar{Y}_x) + (A_l \cdot X + \bar{Y}_l). \quad (7)$$

Очевидно, что выражение (7) эквивалентно системе уравнений

$$\begin{cases} X = A_x \cdot X + \bar{Y}_x \\ I = A_l \cdot X + \bar{Y}_l \end{cases}. \quad (8)$$

Решение системы (8) аналогично решению уравнения (1) и при известных матрицах A_x , A_l и векторах \bar{Y}_x , \bar{Y}_l записывается следующим образом

$$\begin{cases} X = (E - A_x)^{-1} \cdot \bar{Y}_x \\ I = A_l \cdot X + \bar{Y}_l \end{cases}, \quad (9)$$

где E – единичная матрица размером n на n .

Вначале решается первое уравнение системы и находится вектор валового выпуска продукции X , а затем найденное значение X подставляется во второе уравнение системы и вычисляется значение импорта продукции I .

Таким образом, система (9) позволяет помимо валового выпуска продукции отраслями вычислить

объем (величину) импортируемой продукции каждой из отраслей.

Однако структура и особенности реализации имитационной модели прогнозирования научно-технологического развития видов экономической деятельности Украины [2,3] объективно накладывает определенные трудности на использование системы (9). В данном случае это связано со следующими факторами [12]:

1) в таблицах «Затраты-Выпуск», публикуемых государственной службой статистики Украины, перерабатывающая промышленность и электроэнергетика представлены рядом агрегированных позиций, в то время как в усовершенствованной имитационной модели будет рассматриваться 25 видов экономической деятельности, которые формируют 9 отраслей перерабатывающей промышленности и отрасль электроэнергетики;

2) таблицы «Затраты-Выпуск» Украины представлены в денежном выражении, а для использования в имитационной модели необходимо натуральное представление;

3) в таблицах «Затраты-Выпуск» не публикуется матрица прямых материальных затрат продукции (материалоемкости).

Первая из выше перечисленных проблем решается путем дезагрегирования позиций таблицы «Затраты-Выпуск», которые соответствуют отраслям перерабатывающей промышленности и электроэнергетики, и агрегирования всех прочих позиций таблицы в единую позицию.

Процесс дезагрегирования некоторой m -й отрасли промышленности на k подотраслей можно представить следующим образом (см. рис. 1).

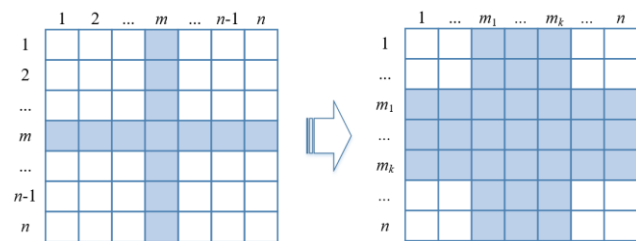


Рис. 1 – Дезагрегирование отрасли на подотрасли

Публикуемая таблица «Затраты-Выпуск» Украины [12] состоит из $n=38$ отраслей экономики. Распределение данных 38 отраслей по сферам (секторам) имеет следующий вид:

- отрасли 1-3 → сельское хозяйство;
- отрасли 4-6 → добывающая промышленность;
- отрасли 7-15 → перерабатывающая промышленность;
- отрасль 16 → прочие отрасли промышленности;
- отрасли 17-20 → электроэнергетика;
- отрасль 21 → строительство;
- отрасли 22-31 → сфера торговли и услуг;
- отрасли 32-38 → государственный сектор.

Сформируем два непересекающихся множества: $N = \{7, 8, \dots, 15, 17, \dots, 20\}$ – множество отраслей экономики, которые рассматриваются в имитационной модели (9 отраслей перерабатывающей промышленности и 4 отрасли электроэнергетики) и $\bar{N} = \{1, 2, \dots, 6, 16, 21, 22, \dots, 38\}$ – все остальные отрасли экономики Украины, не принадлежащие множеству N . Отметим, что $N \cap \bar{N} = \emptyset$.

Процедура приведения исходной матрицы $B = \{b_{i,j}\}_{i,j=1,n}$ размерностью 38x38 отраслей экономики (см. табл. 1), соответствующей таблице «Затраты-Выпуск» Украины, к матрице размерностью 26x26 видов экономической деятельности (для использования в имитационной модели) состоит из следующих двух этапов.

Этап 1 – Агрегирование. Осуществляем свертку (объединение) отраслей множества \bar{N} в единую позицию, соответствующую некоторой обобщенной отрасли экономики, и перенумерацию отраслей множества N . В результате мы получим новую матрицу $\bar{A} = \{\bar{a}_{i,j}\}_{i,j=1,14}$ (см. табл. 2).

Для ячеек матрицы $\bar{A} = \{\bar{a}_{i,j}\}_{i,j=1,14}$ значения ее элементов могут быть вычислены на основе элементов матрицы $B = \{b_{i,j}\}_{i,j=1,38}$ по следующей формуле

$$\bar{a}_{i,j} = \begin{cases} b_{i+6,j+6} & \text{если } i, j \leq 9 \\ b_{i+7,j+6} & \text{если } 9 < i \leq 13 \text{ и } j \leq 9 \\ b_{i+6,j+7} & \text{если } i \leq 9 \text{ и } 9 < j \leq 13 \\ b_{i+7,j+7} & \text{если } 9 < i, j \leq 13 \\ \sum_{k \in N} b_{k,j+6} & \text{если } i = 14 \text{ и } j \leq 9 \\ \sum_{k \in N} b_{k,j+7} & \text{если } i = 14 \text{ и } 9 < j \leq 13 \\ \sum_{k \in N} b_{i+6,k} & \text{если } i \leq 9 \text{ и } j = 14 \\ \sum_{k \in N} b_{i+7,k} & \text{если } 9 < i \leq 13 \text{ и } j = 14 \\ \sum_{k=1}^{13} \bar{a}_{k,j} = \sum_{k=1}^{13} \bar{a}_{i,k} & \text{если } i, j = 14 \end{cases} \quad (10)$$

Этап 2 – Дезагрегирование. Осуществляем разбиение 13 отраслей множества N на 25 подотраслей в соответствии с делением принятым в имитационной модели согласно КВЭД 2012 [13], (см. табл. 3).

Таблица 1 – Исходная матрица, соответствующая таблице «Затраты-Выпуск» Украины

Отрасли	Перерабатывающая промышленность						Электроэнергетика						
	1	...	6	7	...	15	16	17	...	20	21	...	38
1	$b_{1,1}$	...	$b_{1,6}$	$b_{1,7}$	...	$b_{1,15}$	...	$b_{1,17}$	...	$b_{1,20}$	$b_{1,21}$	...	$b_{1,38}$
...
6	$b_{6,1}$	...	$b_{6,6}$	$b_{6,7}$	...	$b_{6,15}$	...	$b_{6,17}$	...	$b_{6,20}$	$b_{6,21}$	...	$b_{6,38}$
7	$b_{7,1}$	...	$b_{7,6}$	$b_{7,7}$	...	$b_{7,15}$	...	$b_{7,17}$	...	$b_{7,20}$	$b_{7,21}$	...	$b_{7,38}$
...
15	$b_{15,1}$	...	$b_{15,6}$	$b_{15,7}$	...	$b_{15,15}$	...	$b_{15,17}$	...	$b_{15,20}$	$b_{15,21}$	...	$b_{15,38}$
16	$b_{16,1}$	...	$b_{16,6}$	$b_{16,7}$	...	$b_{16,15}$	...	$b_{16,17}$	...	$b_{16,20}$	$b_{16,21}$	...	$b_{16,38}$
17	$b_{17,1}$	...	$b_{17,6}$	$b_{17,7}$	...	$b_{17,15}$	...	$b_{17,17}$	...	$b_{17,20}$	$b_{17,21}$	...	$b_{17,38}$
...
20	$b_{20,1}$	...	$b_{20,6}$	$b_{20,7}$	...	$b_{20,15}$	...	$b_{20,17}$	...	$b_{20,20}$	$b_{20,21}$	...	$b_{20,38}$
21	$b_{21,1}$	...	$b_{21,6}$	$b_{21,7}$	...	$b_{21,15}$	...	$b_{21,17}$	...	$b_{21,20}$	$b_{21,21}$	...	$b_{21,38}$
...
38	$b_{38,1}$	...	$b_{38,6}$	$b_{38,7}$	...	$b_{38,15}$	...	$b_{38,17}$	...	$b_{38,20}$	$b_{38,21}$	...	$b_{38,38}$

Таблица 2 – Матрица, соответствующая таблице «Затраты-Выпуск» Украины, после свертки

Отрасли	Перерабатывающая промышленность			Электроэнергетика			Прочие отрасли
	7	...	15	17	...	20	
7	$\bar{a}_{1,1}$	...	$\bar{a}_{1,9}$	$\bar{a}_{1,10}$	...	$\bar{a}_{1,13}$	$\bar{a}_{1,14}$
...
15	$\bar{a}_{9,1}$	...	$\bar{a}_{9,9}$	$\bar{a}_{9,10}$	...	$\bar{a}_{9,13}$	$\bar{a}_{9,14}$
17	$\bar{a}_{10,1}$	...	$\bar{a}_{10,9}$	$\bar{a}_{10,10}$	...	$\bar{a}_{10,13}$	$\bar{a}_{10,14}$
...
20	$\bar{a}_{13,1}$	...	$\bar{a}_{13,9}$	$\bar{a}_{13,10}$	...	$\bar{a}_{13,13}$	$\bar{a}_{13,14}$
Прочие отрасли	$\bar{a}_{14,1}$	...	$\bar{a}_{14,9}$	$\bar{a}_{14,10}$	...	$\bar{a}_{14,13}$	$\bar{a}_{14,14}$

На основании данного разбиения формируем матрицу дезагрегирования (разложения)

$$D = \{d_{i,j}\}_{i,j=1,26}$$

Вся матрица разбита на 169 (13x13) непересекающихся подматриц $D_{r,k}$ ($r, k = 1, 13$). Каждый элемент матрицы дезагрегирования может принимать значение только от 0 до 1. При этом сумма значений элементов матрицы дезагрегирования в любой из 169 подматриц обязательно должна равняться единице.

Данные требования можно записать в виде следующей системы ограничений

$$\begin{cases} d_{i,j} \in [0;1] & i, j = \overline{1,26} \\ \sum_{d_{i,j} \in \Gamma_{r,k}} d_{i,j} = 1 & i, j = \overline{1,26} \quad r, k = \overline{1,13} \end{cases}, (11)$$

где $\Gamma_{r,k}$ – множество элементов $d_{i,j}$, которые образуют (r,k) -ю подматрицу $D_{r,k}$ матрицы дезагрегирования D .

Отметим, что матрица дезагрегирования состоит из 49 непересекающихся подматриц, которые состоят из одного единственного элемента. В силу ограничений (11) в каждой из этих подматриц значение элемента $d_{i,j}$ равно 1.

Каждой подматрице $D_{r,k}$ матрицы разложения D поставим в соответствие определенный элемент либо сумму элементов матрицы $\bar{A} = \{\bar{a}_{i,j}\}_{i,j=1,14}$ в соответствии со следующим правилом

$$\begin{cases} D_{r,k} \longrightarrow \bar{a}_{r,k} \quad \forall r, k \neq 12 \\ D_{r,k} \longrightarrow (\bar{a}_{r,k} + \bar{a}_{r+1,k}) \quad \forall r = 12, k \neq 12 \\ D_{r,k} \longrightarrow (\bar{a}_{r,k} + \bar{a}_{r,k+1}) \quad \forall r \neq 12, k = 12 \end{cases}, (12)$$

$(r, k = \overline{1,13})$

Таблица 3 – Разделение отраслей перерабатывающей промышленности и электроэнергетики на подотрасли

Сектор	Отрасли		Подотрасли (виды экономической деятельности)	
Перерабатывающая промышленность	7	Производство пищевых продуктов, напитков и табачных изделий	1	Производство пищевых продуктов
			2	Производство напитков
			3	Производство табачных изделий
	8	Легкая промышленность	4	Текстильное производство
			5	Производство одежды
			6	Производство изделий из кожи и прочих материалов
	9	Обработка древесины и производство изделий из древесины; целлюлозно-бумажное производство; издательская деятельность	7	Обработка древесины и производство изделий из древесины
			8	Производство бумаги и бумажных изделий
			9	Полиграфическая деятельность
	10	Производство кокса; производство ядерных материалов	10	Производство кокса и коксoproductов
	11	Производство продуктов нефтепереработки	11	Производство продуктов нефтепереработки
	12	Химическая и нефтехимическая промышленность	12	Производство химических веществ и химической продукции
			13	Фармацевтическое производство
			14	Производство резиновых и пластмассовых изделий
	13	Производство прочей неметаллической минеральной продукции	15	Производство прочей неметаллической минеральной продукции
14	Металлургическое производство и производство готовых металлических изделий	16	Металлургическое производство	
		17	Производство готовых металлических изделий	
15	Машиностроение	18	Производство компьютеров, электронной и оптической продукции	
		19	Производство электрического оборудования	
		20	Производство машин и оборудования	
		21	Производство автотранспортных средств, прицепов и полуприцепов	
		22	Производство прочих транспортных средств	
Электро-энергетика	17	Производство и распределение электроэнергии	23	Производство, передача и распределение электроэнергии
	18	Производство и распределение газа	24	Производство и распределение газа
	19	Поставка пара и горячей воды	25	Поставка пара, горячей воды и кондиционированного воздуха
	20	Сбор, очистка и распределение воды		

Второе и третье отношения соответствия в выражении (12) обусловлены тем, что в имитационной модели две отрасли электроэнергетики рассматриваются как одна общая отрасль.

Умножим каждый элемент $d_{i,j}$ подматрицы $D_{r,k}$ на соответствующий ему согласно выражения (12) элемент либо сумму элементов матрицы \bar{A} . Прделаем данную операцию для всех подматриц матрицы разложения.

В результате мы получим окончательную матрицу потоков продукции $A = \{a_{i,j}\}_{i,j=1,26}$, которая содержит информацию о потоках продукции между каждым из 25 видов экономической деятельности, моделируемых в имитационной модели, и прочими отраслями экономики, представленными одним агрегированным видом экономической деятельности.

Отметим, что результирующая матрица $A = \{a_{i,j}\}_{i,j=1,26}$ будет представлена в денежном выражении, так как исходная матрица $B = \{b_{i,j}\}_{i,j=1,38}$, соответствующая таблице «Затраты-Выпуск» Украины, публикуется в денежном выражении.

Для перехода от денежного представления таблицы «Затраты-Выпуск» Украины, которая публикуется в млн. грн., к натуральному представлению, необходимо для каждой j -й отрасли ($j = \overline{1,38}$) задать стоимость c_j одной условной единицы монопродукта данной отрасли. Разделив каждый элемент исходной матрицы $B = \{b_{i,j}\}_{i,j=1,38}$ на величину c_i ($i = \overline{1,38}$), получим новую матрицу

$B' = \{b'_{i,j}\}_{i,j=1,38}$, где $b'_{i,j} = \frac{b_{i,j}}{c_i}$ ($i, j = \overline{1,38}$), которая соответствует таблице «Затраты-Выпуск» Украины в натуральном выражении.

Для перехода от таблицы «Затраты-Выпуск» в натуральном выражении к соответствующей ей матрице технологических коэффициентов (матрице прямых материальных затрат / матрице материалоемкости) необходимо каждый элемент $b'_{i,j}$ матрицы B' разделить на величину валового выпуска продукции j -й отрасли в натуральном выражении x'_j . В результате получим матрицу материалоемкости

$$B'' = \{b''_{i,j}\}_{i,j=1,38}, \text{ где } b''_{i,j} = \frac{b'_{i,j}}{x'_j} = \frac{b_{i,j}}{c_i x'_j} \quad (i, j = \overline{1,38}).$$

Учитывая то, что $x'_j = \frac{x_j}{c_j}$ ($j = \overline{1,38}$), где x_j – валовой выпуск продукции j -й отрасли в денежном выражении выражение для вычисления коэффициентов технологической матрицы B'' можно записать в следующем виде

$$b''_{i,j} = \frac{b_{i,j}}{c_i \frac{x_j}{c_j}} = \frac{b_{i,j} c_j}{c_i x_j} = \begin{cases} \frac{b_{i,j}}{x_j}, i = j \\ \frac{b_{i,j} c_j}{c_i x_j}, i \neq j \end{cases} \quad (i, j = \overline{1,38}). \quad (13)$$

Таким образом, используя выражение (13), по имеющейся статистической информации из таблиц «Затраты-Выпуск» относительно $b_{i,j}$ – количества продукции i -й отрасли потребляемой в j -й отрасли, денежных ед., и x_j – валового выпуска j -й отрасли, денежных ед., задав значения c_j можно легко вычислить матрицу прямых материальных затрат в натуральном выражении.

Применив к полученной матрице $B'' = \{b''_{i,j}\}_{i,j=1,38}$ ранее описанную двухэтапную процедуру преобразования мы получим технологическую матрицу $A = \{a_{i,j}\}_{i,j=1,26}$ пригодную для использования в имитационной модели.

Так как, в системе (9) используются две матрицы прямых материальных затрат $A_X = \{a_{i,j}^X\}_{i,j=1,26}$ и $A_I = \{a_{i,j}^I\}_{i,j=1,26}$, то для их построения необходимо задать две исходные матрицы, а именно: $B_X = \{b_{i,j}^X\}_{i,j=1,38}$ – матрица использования продукции отечественного производства (в денежных ед.) и $B_I = \{b_{i,j}^I\}_{i,j=1,38}$ – матрица импорта (также в денежных ед.).

Также должны быть заданы значения величин: c_j^X – цена одной условной единицы отечественной

продукции j -й отрасли ($j = \overline{1,38}$); c_j^I – цена одной условной единицы импортной продукции j -й отрасли ($j = \overline{1,38}$); x_j – валовой выпуск продукции j -й отрасли ($j = \overline{1,38}$), и соответствующие матрицы разложения:

$D^X = \{d_{i,j}^X\}_{i,j=1,26}$ – матрица коэффициентов дезагрегирования для $\bar{A}_X = \{\bar{a}_{i,j}^X\}_{i,j=1,14}$; $D^I = \{d_{i,j}^I\}_{i,j=1,26}$ – матрица коэффициентов дезагрегирования для $\bar{A}_I = \{\bar{a}_{i,j}^I\}_{i,j=1,14}$.

Вначале, используя выражение (13) для матриц B_X и B_I , строим матрицы прямых материальных затрат $B_X'' = \{b_{i,j}^{X''}\}_{i,j=1,38}$ и $B_I'' = \{b_{i,j}^{I''}\}_{i,j=1,38}$.

После, используя процедуру агрегирования, переходим от матриц размерностью (38x38) отраслей к агрегированным матрицам \bar{A}_X и \bar{A}_I размерностью (14x14) отраслей.

Применяя к агрегированным матрицам \bar{A}_X и \bar{A}_I процедуру дезагрегирования с использованием матриц D^X и D^I , в итоге получаем технологические матрицы A_X и A_I в натуральном выражении.

Отметим, что рассчитанные приведенным выше способом матрицы технологических коэффициентов A_X и A_I отражают сложившуюся технологию производства продукции на некоторый момент времени t_0 , предшествующий началу моделирования. Моделирование начинается с года $t_0 + 1$.

Несмотря на то, что В. В. Леонтьевым было доказано, что технологические коэффициенты являются устойчивыми (сохраняют постоянное значение) на протяжении относительно длительного промежутка времени, целесообразно с целью улучшения адекватности моделирования представить технологические коэффициенты в виде зависимостей от времени (временных функций), т.е. $a_{i,j}^X = a_{i,j}^X(t_k)$, $a_{i,j}^I = a_{i,j}^I(t_k)$, $t_k = \overline{t_0 + 1, t_n}$, $i, j = \overline{1,26}$, где t_n – конечный момент времени моделирования.

При этом динамика изменения технологических коэффициентов $a_{i,j}^X(t_k)$ и $a_{i,j}^I(t_k)$ ограничена требованием продуктивности каждой из матриц $A_X(t_k) = \{a_{i,j}^X(t_k)\}_{i,j=1,26}$ и $A_I(t_k) = \{a_{i,j}^I(t_k)\}_{i,j=1,26}$.

Данные матрицы будут продуктивны в случае если их норма не превосходит единицы, т.е. должно выполняться $\|A_X(t_k)\| < 1$ и $\|A_I(t_k)\| < 1$. В случае если для некоторого момента времени t_k норма матрицы $A_X(t_k)$ и/или норма матрицы $A_I(t_k)$ больше либо равна единице, необходимо уменьшить значения элементов матрицы так, чтобы матрица снова удовлетворяла условию продуктивности.

Для моделирования объема выпуска продукции системой, состоящей из 25 видов экономической деятельности, при наличии связей между ними и

другими видами экономической деятельности (представленных агрегированным видом экономической деятельности) в виде балансовых соотношений, предлагается использовать следующий алгоритм.

Шаг 1. Задание исходных данных: численные значения векторов спроса на отечественную и импортную продукцию $\bar{Y}_X(t_k) = (\bar{Y}_{X1}(t_k), \dots, \bar{Y}_{X26}(t_k))$, $\bar{Y}_I(t_k) = (\bar{Y}_{I1}(t_k), \dots, \bar{Y}_{I26}(t_k))$ и технологических матриц $A_X(t_k)$ и $A_I(t_k)$ для $t_k = \overline{t_0+1, t_n}$. При этом вектор спроса на отечественную продукцию задается в разрезе своих составляющих по направлениям спроса (спрос со стороны домашних хозяйств, спрос со стороны органов государственной власти, валовое накопление капитала, внешний спрос) на каждый вид продукции.

Шаг 2. Вычисление необходимого объема валового выпуска продукции каждым из рассматриваемых видов экономической деятельности $X(t_k) = (X_1(t_k), \dots, X_{26}(t_k))$, а также объема импорта продукции для каждого из них $I(t_k) = (I_1(t_k), \dots, I_{26}(t_k))$ при помощи системы (9') матричных уравнений

$$\begin{cases} X(t_k) = (E - A_X(t_k))^{-1} \cdot \bar{Y}_X(t_k) \\ I(t_k) = A_I(t_k) \cdot X(t_k) + \bar{Y}_I(t_k) \end{cases} \quad (9')$$

Шаг 3. Расчет с использованием имитационной модели производственных мощностей каждого из 25 видов экономической деятельности $X^{prod}(t_k) = (X_1^{prod}(t_k), \dots, X_{25}^{prod}(t_k))$ для момента времени t_k . Производственная мощность 26-го вида экономической деятельности не вычисляется, а полагается равной объему валового выпуска для него, полученного из системы уравнений (9'), т.е. $X_{26}^{prod}(t_k) := X_{26}(t_k)$.

Шаг 4. Сравнение необходимого валового выпуска $X_j(t_k)$ с рассчитанной производственной мощностью $X_j^{prod}(t_k)$ по всем видам экономической деятельности за исключением последнего, т.е. $j = \overline{1, 25}$. По результатам сравнения возможны два случая.

Случай 1. Для всех рассматриваемых видов экономической деятельности имеет место соотношение $X_j^{prod}(t_k) \geq X_j(t_k) \quad \forall j = \overline{1, 25}$, т.е. производственная мощность не меньше необходимого валового выпуска. В данном случае реальный выпуск продукции каждым j -м видом экономической деятельности полагается равным $X_j(t_k)$. Объем необходимого импорта пересчета не требует и равен ранее рассчитанному на шаге 2 значению.

Случай 2. Существует $g(t_k)$ ($1 \leq g(t_k) \leq 25$) видов экономической деятельности, которые образуют множество $\Omega(t_k)$ номеров видов экономической деятельности для которых имеющихся в данный момент времени t_k производственных мощностей

недостаточно для удовлетворения необходимого валового выпуска, т.е. $\Omega(t_k) = \{j : X_j^{prod}(t_k) < X_j(t_k)\}$, $card\Omega(t_k) = g(t_k)$.

Так как, любой из видов экономической деятельности принадлежащих множеству $\Omega(t_k)$ не в состоянии произвести больше своих производственных мощностей, то для всех $j \in \Omega(t_k)$ полагаем $X_j(t_k) := X_j^{prod}(t_k)$, $\bar{Y}_{Xj}(t_k)$ – неизвестная величина и переходим к шагу 5.

Шаг 5. Составляем систему из 26 балансовых уравнений следующего вида

$$\sum_{j=1}^{26} a_{i,j}^X(t_k) X_j(t_k) + \bar{Y}_{Xi}(t_k) = X_i(t_k), \quad i = \overline{1, 26}. \quad (14)$$

Данная система представляет собой систему линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) с 26 неизвестными, из которых $(26 - g(t_k))$ неизвестными являются $X_j(t_k)$ для которых $j \notin \Omega(t_k)$ и $g(t_k)$ неизвестными являются $\bar{Y}_{Xj}(t_k)$ для которых $j \in \Omega(t_k)$

Решая данную систему, например, методом Гаусса или при помощи любого другого метода решения СЛАУ, находим новое сбалансированное состояние системы, которое характеризуется вектором выпуска продукции $\bar{X}'(t_k)$. Подставляя данный вектор во второе уравнение системы (9'), находим необходимый объем импорта $I'(t_k)$.

Для того, чтобы решить систему (14) ее предварительно необходимо привести к стандартной матрично-векторной форме записи СЛАУ, т.е. к виду

$$M \cdot W = Q,$$

где $M = \{m_{i,j}\}_{i,j=\overline{1,26}}$ – матрица условий; $W = \{w_j\}_{j=\overline{1,26}}$ – вектор неизвестных; $Q = \{q_i\}_{i=\overline{1,26}}$ – вектор свободных членов. При этом для компонент вектора неизвестных справедливо следующее

$$\begin{cases} w_j \equiv X_j(t_k) \text{ если } j \notin \Omega(t_k), \\ w_j \equiv \bar{Y}_{Xj}(t_k) \text{ если } j \in \Omega(t_k). \end{cases}$$

Для нахождения выражений для элементов матрицы условий $M = \{m_{i,j}\}$ и вектора свободных членов $Q = \{q_i\}$ перепишем систему (14) таким образом, что в левой части уравнений находятся неизвестные величины, а в правой части – известные. Если положить

$$z_{i,j}(t_k) = \begin{cases} a_{i,j}^X(t_k) \text{ если } i \neq j; \\ (a_{i,i}^X(t_k) - 1) \text{ если } i = j. \end{cases}$$

то систему (14) можно переписать в следующем виде

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j \in \Omega(t_k)} a_{i,j}^X(t_k) X_j(t_k) + \bar{Y}_{Xi}(t_k) = - \sum_{j \in \Omega(t_k)} z_{i,j}(t_k) X_j(t_k), \\ i \in \Omega(t_k) \\ \sum_{j \in \Omega(t_k)} z_{i,j}(t_k) X_j(t_k) = - \left(\bar{Y}_{Xi}(t_k) + \sum_{j \in \Omega(t_k)} a_{i,j}^X(t_k) X_j(t_k) \right), \\ i \notin \Omega(t_k) \end{array} \right.$$

$g(t_k)$ уравнений

$26-g(t_k)$ уравнений

Проанализировав левые части уравнений системы можно записать, что

$$m_{i,j} = \begin{cases} z_{i,j}(t_k), & \text{если } i, j \notin \Omega(t_k); \\ 0, & \text{если } i \notin \Omega(t_k), j \in \Omega(t_k); \\ a_{i,j}^X(t_k), & \text{если } i \in \Omega(t_k), j \notin \Omega(t_k); \\ z'_{i,j}(t_k), & \text{если } i, j \in \Omega(t_k). \end{cases}$$

где $z'_{i,j}(t_k) = \begin{cases} 0, & \text{если } i \neq j; \\ 1, & \text{если } i = j. \end{cases}$

Обобщив, получим окончательный вид выражения для элементов $m_{i,j}$ матрицы условий M

$$m_{i,j} = \begin{cases} a_{i,j}^X(t_k), & \text{если } [i, j \notin \Omega(t_k) \text{ и } i \neq j] \\ \text{или } [i \in \Omega(t_k), j \notin \Omega(t_k)]; \\ (a_{i,j}^X(t_k) - 1), & \text{если } [i, j \notin \Omega(t_k) \text{ и } i = j]; \\ 0, & \text{если } [i, j \in \Omega(t_k) \text{ и } i \neq j] \\ \text{или } [i \notin \Omega(t_k), j \in \Omega(t_k)]; \\ 1, & \text{если } [i, j \in \Omega(t_k) \text{ и } i = j]. \end{cases}$$

Элементы q_i вектора свободных членов Q при этом вычисляются как

$$q_i = \begin{cases} X_i(t_k) - \sum_{j \in \Omega(t_k)} a_{i,j}^X(t_k) X_j(t_k), & \text{если } i \in \Omega(t_k); \\ - \left(\bar{Y}_{Xi}(t_k) + \sum_{j \in \Omega(t_k)} a_{i,j}^X(t_k) X_j(t_k) \right), & \text{если } i \notin \Omega(t_k). \end{cases}$$

Если в результате решения системы (14) какой-то $\bar{Y}_{Xj}(t_k)$, $j \in \Omega(t_k)$ оказывается меньше нуля ($\bar{Y}_{Xj}(t_k) < 0$), то это означает, что имеющихся производственных мощностей данного j -го вида экономической деятельности не достаточно для удовлетворения не только конечного спроса на свою продукцию, но и внутриотраслевого спроса других видов экономической деятельности. В данном случае для j -го вида экономической деятельности имеет место следующее соотношение

$$X_j^{prod}(t_k) < \sum_{i=1}^{26} a_{j,i}^X(t_k) X_i'(t_k) = \sum_{i=1}^{26} X'_{j,i}(t_k), \quad j \in \Omega(t_k), \quad (15)$$

где $X'_{j,i}(t_k)$ – количество продукции j -го вида экономической деятельности, которое используется в процессе производства i -го вида экономической деятельности; $X_i'(t_k)$ – объем производства продукции i -м видом экономической деятельности, полученный в результате решения системы (14) на шаге 5.

При этом значение неудовлетворенного спроса на продукцию данного j -го вида экономической деятельности составит величину

$$UnDem_j(t_k) = \bar{Y}_{X,j}(t_k) - \bar{Y}'_{X,j}(t_k), \quad j \in \Omega(t_k), \quad (16)$$

где $\bar{Y}_{Xj}(t_k)$ – величина спроса на отечественную продукцию j -го вида экономической деятельности, заданная на шаге 1; $\bar{Y}'_{Xj}(t_k)$ – величина спроса на отечественную продукцию j -го вида экономической деятельности, полученная в результате решения системы (14) на шаге 5.

Образовавшийся в системе дефицит продукции j -го вида экономической деятельности $UnDem_j(t_k)$, $j \in \Omega(t_k)$ должен быть распределен между тремя основными направлениями потребления продукции: внутриотраслевое потребление (отрасли экономики страны), внутреннее конечное потребление (домохозяйства и государственный сектор) и внешнее потребление (экспорт). Недопоставки продукции по первым двум направлениям будут частично либо полностью устранены за счет внешних рынков, т.е. увеличение импорта продукции.

Величина недопоставок продукции по каждому из направлений зависит от существующей торговой ориентации вида экономической деятельности, соотношений спроса на продукцию по каждому из направлений, заключенных долгосрочных контрактов на поставку продукции, проводимой государственной политики.

Учитывая существующую на данный момент экспортную ориентацию промышленности Украины, недопоставки продукции будут распределены между внутриотраслевым потреблением и внутренним конечным потреблением, предположительно, пропорционально величине их спроса.

С учетом выше изложенного величину $UnDem_j(t_k)$, $j \in \Omega(t_k)$ запишем в следующем виде

$$UnDem_j(t_k) = \beta_X(t_k) \cdot UnDem_j(t_k) + \beta_Y(t_k) \cdot UnDem_j(t_k) + \beta_E(t_k) \cdot UnDem_j(t_k) = UnDem_j^X(t_k) + UnDem_j^Y(t_k) + UnDem_j^E(t_k), \quad j \in \Omega(t_k). \quad (17)$$

где $\beta_X(t_k)$, $\beta_Y(t_k)$, $\beta_E(t_k)$ – доля недопоставок продукции на внутриотраслевое потребление (X), внутреннее конечное потребление (Y) и экспорт (E) соответственно;

$UnDem_j^X(t_k)$, $UnDem_j^Y(t_k)$, $UnDem_j^E(t_k)$ – соответствующие объемы недопоставок продукции j -го вида экономической деятельности по каждому из направлений. При этом $\beta_X, \beta_Y, \beta_E \in [0; 1]$, $\beta_X + \beta_Y + \beta_E = 1$.

Учитывая прерогативу экспорта, которая выражается в том, что третье слагаемое в разложении (17) будет присутствовать только в случае выполнения условия $X_j^{prod}(t_k) < Y_{4X,j}(t_k)$, $j \in \Omega(t_k)$, где $Y_{4X,j}(t_k)$ – спрос на продукцию j -го вида экономической деятельности на внешних рынках (т.е. производственных мощностей не достаточно для удовлетворения экспорта), то разложение (17) для $UnDem_j(t_k)$ можно переписать в следующем виде

$$\left\{ \begin{array}{l} \underbrace{\beta_X(t_k) \cdot UnDem_j(t_k)}_{UnDem_j^X(t_k)} + \underbrace{(1 - \beta_X(t_k)) \cdot UnDem_j(t_k)}_{UnDem_j^Y(t_k)}, \\ \text{если } X_j^{prod}(t_k) \geq Y_{4X,j}(t_k), j \in \Omega(t_k); \\ \underbrace{\sum_{i=1}^{26} X'_{j,i}(t_k)}_{UnDem_j^X(t_k)} + \underbrace{\sum_{k=1}^3 \bar{Y}_{kX,j}(t_k)}_{UnDem_j^Y(t_k)} + \underbrace{Y_{4X,j}(t_k) - X_j^{prod}(t_k)}_{UnDem_j^E(t_k)}, \\ \text{если } X_j^{prod}(t_k) < Y_{4X,j}(t_k), j \in \Omega(t_k). \end{array} \right. \quad (18)$$

Долю недопоставок продукции на внутриотраслевое потребление $\beta_X(t_k)$ для случая $X_j^{prod}(t_k) \geq Y_{4X,j}(t_k)$, $j \in \Omega(t_k)$ можно вычислить как отношение объема недопоставок продукции на внутриотраслевое потребление к сумме недопоставок на внутриотраслевое потребление и внутреннее конечное потребление, т.е.

$$\beta_X(t_k) = \frac{UnDem_j^X(t_k)}{UnDem_j^X(t_k) + UnDem_j^Y(t_k)} = \frac{\sum_{i=1}^{26} X'_{j,i}(t_k)}{\sum_{i=1}^{26} X'_{j,i}(t_k) + \sum_{k=1}^3 \bar{Y}_{kX,j}(t_k)}. \quad (19)$$

Подставляя в верхнюю часть выражения (18) вместо $\beta_X(t_k)$ выражение (19), а вместо $UnDem_j(t_k)$ выражение (16), получим формулы для расчета объемов недопоставок на внутриотраслевое потребление и внутреннее конечное потребление для случая $X_j^{prod}(t_k) \geq Y_{4X,j}(t_k)$, $j \in \Omega(t_k)$:

$$\left\{ \begin{array}{l} UnDem_j^X(t_k) = \frac{(\bar{Y}_{Xj}(t_k) - \bar{Y}'_{Xj}(t_k)) \cdot \sum_{i=1}^{26} X'_{j,i}(t_k)}{\sum_{i=1}^{26} X'_{j,i}(t_k) + \sum_{k=1}^3 \bar{Y}_{kX,j}(t_k)}, \\ UnDem_j^Y(t_k) = \frac{(\bar{Y}_{Xj}(t_k) - \bar{Y}'_{Xj}(t_k)) \cdot \sum_{k=1}^3 \bar{Y}_{kX,j}(t_k)}{\sum_{i=1}^{26} X'_{j,i}(t_k) + \sum_{k=1}^3 \bar{Y}_{kX,j}(t_k)}. \end{array} \right. \quad (20)$$

Исходя из предположения о возможности полной замены дефицита отечественной продукции импортным аналогом можно утверждать, что величины $UnDem_j^X(t_k)$ и $UnDem_j^Y(t_k)$ представляют собой дополнительный объем импорта продукции j -го вида экономической деятельности для внутриотраслевого потребления $I_j^{add}(t_k)$ и для конечного потребления $\bar{Y}_{1,j}^{add}(t_k)$, т.е. $UnDem_j^X(t_k) \equiv I_j^{add}(t_k)$, $UnDem_j^Y(t_k) \equiv \bar{Y}_{1,j}^{add}(t_k)$.

При этом дополнительный объем импорта j -го вида продукции i -м видом экономической деятельности для удовлетворения собственных производственных нужд составит величину

$$I_{j,i}^{add}(t_k) = I_j^{add}(t_k) \cdot \frac{X'_{j,i}(t_k)}{\sum_{i=1}^{26} X'_{j,i}(t_k)} \quad i = \overline{1, 26}, j \in \Omega(t_k), \quad (21)$$

т.е. дополнительный импорт продукции j -го вида распределяется между видами экономической деятельности пропорционально объему закупок продукции j -го вида каждым из видов экономической деятельности.

Зная значения величин $I_j^{add}(t_k)$ и $\bar{Y}_{1,j}^{add}(t_k)$ можно вычислить валовый объем импорта каждого j -го вида продукции производственно-экономической системой из 26 видов экономической деятельности, а также объем импортируемой продукции для производственных нужд каждым из 26 видов экономической деятельности.

Валовый объем импорта продукции j -го вида можно вычислить, используя следующее выражение

$$I_j^{total}(t_k) = I_j'(t_k) + I_j^{add}(t_k) + \bar{Y}_{1,j}^{add}(t_k), \quad j = \overline{1, 26}. \quad (22)$$

Валовый импорт всех видов продукции промышленности при этом составит величину

$$I^{total}(t_k) = \sum_{j=1}^{25} I_j^{total}(t_k).$$

Разложим валовый импорт продукции j -го вида на две составляющие – на импорт для внутриотраслевого потребления $I_j^{totalX}(t_k)$ и импорт для конечного потребления $I_j^{totalY}(t_k)$. Для этого вместо первого слагаемого правой части выражения (22) подставим второе уравнение из системы (9') и перегруппируем слагаемые. В результате получим

$$\begin{aligned} I_j^{total}(t_k) &= \sum_{i=1}^{26} a'_{j,i}(t_k) X'_i(t_k) + \bar{Y}'_{1,j}(t_k) + I_j^{add}(t_k) + \bar{Y}_{1,j}^{add}(t_k) = \\ &= \underbrace{\sum_{i=1}^{26} a'_{j,i}(t_k) X'_i(t_k)}_{I_j^{totalX}(t_k)} + \underbrace{\bar{Y}'_{1,j}(t_k) + \bar{Y}_{1,j}^{add}(t_k)}_{I_j^{totalY}(t_k)} = \\ &= I_j^{totalX}(t_k) + I_j^{totalY}(t_k), \quad j = \overline{1, 26}. \end{aligned} \quad (23)$$

Объем импортируемой продукции для производственных нужд каждым из 26 видов экономической деятельности составит величину

$$I_{ВЭД\ i}^{total}(t_k) = \sum_{j=1}^{26} a_{j,i}^I(t_k) X_i'(t_k) + \sum_{j=1}^{26} I_{j,i}^{add}(t_k), \quad i = \overline{1, 26}. \quad (24)$$

Выводы. В результате проведенных исследований была усовершенствована имитационная модель прогнозирования научно-технологического развития видов экономической деятельности Украины, которая базируется на ранее разработанной и успешно примененной имитационной модели в рамках Государственной программы прогнозирования научно-технологического развития на 2008-2012 гг.

Усовершенствованная имитационная модель по сравнению с существующими аналогами имеет ряд преимуществ:

1) полное соответствие новому классификатору КВЭД 2012, который был разработан на базе международной статистической классификации видов экономической деятельности Европейского Союза (NACE), что дает возможность использовать имитационную модель для прогнозирования развития промышленности не только в Украине, но и в любой стране Европейского Союза;

2) возможность прогнозирования развития промышленности Украины как в разрезе ее основных отраслей, так и в разрезе видов экономической деятельности, которые образуют эти отрасли;

3) наличие механизма моделирования межотраслевых взаимодействий, что дает возможность более адекватно прогнозировать процесс производства и распределения продукции между видами экономической деятельности, государственным сектором, конечным потреблением населения и иностранными потребителями;

4) наличие механизма моделирования объема импорта продукции для внутриотраслевого потребления (производственных нужд) по каждому из рассматриваемых в имитационной модели видов экономической деятельности.

Усовершенствованная имитационная модель может быть использована органами государственной власти для построения средне- и долгосрочных прогнозов развития как отдельных видов экономической деятельности, так и отрасли промышленности в целом, а также оценки синергетического эффекта от реализации проектов национального уровня на состоянии промышленности Украины.

Список литературы

1. *Калитич, Г. І.* Науково-технологічний та інноваційний розвиток: концепції, моделі, рішення [Текст] / *Г. І. Калитич, К. М. Коржавін*. – К. : УкрІНТЕІ, 2008. – 268 с.
2. *Kononenko, I.* Forecasting of Results of the State-Level Projects Implementation [Text] / *I. Kononenko, I. Babych* // The 7th International Conference on Business, Management and Economics (ICBME 2011). E-Proceedings. – Cesme, Izmir, Turkey, 2011. – 15 p.
3. *Kononenko, I.* The Modeling and Forecasting of the Technological and Innovational Development of a Transition-Economy Country [Text] /

I. Kononenko, A. Repin // The 3rd International Conference on Project Management (ProMac2006). – Sydney, Australia, 2006. – 7 p.

4. *Кононенко, І. В.* Оценка точности прогнозирования имитационной модели научно-технологического развития видов экономической деятельности Украины [Текст] / *І. В. Кононенко, І. І. Бабич* // Управління проектами: стан та перспективи: тези доповідей X Міжнародної науково-практичної конференції. – Миколаїв, 2014. – С. 138–139.
5. *Leontief, W.* Structural Interdependence and Economic Development [Text] / *W. Leontief, A. Strout ; T. Barna* (ed.). – 1963. – 437 p. doi: 10.1007/978-1-349-81634-7
6. *Leontief, W.* Review of Economics and Statistics [Text] / *W. Leontief*. – N.Y., 1970. – 389 p.
7. *Леонтьев, В. В.* Межотраслевая экономика [Текст]: пер. с англ. / *В. В. Леонтьев*. – М. : Экономика, 1997. – 479 с.
8. *Ченери, Х.* Экономика межотраслевых связей [Текст] / *Х. Ченери, П. Кларк*. – М. : Изд-во иностранной литературы, 1962. – 384 с.
9. *Картер, А.* Структурные изменения в экономике США [Текст] / *А. Картер*. – М. : Статистика, 1974. – 272 с.
10. *Ghosh, P. P.* A Critical Review of the Literature on Integrated Macroeconomic & Input-Output Models [Text] / *P. P. Ghosh, A. Ghose, D. Chakraborty* // 19th International Input-output Conference. – Alexandria VA, USA, 2011. – 55 p.
11. *Neuwahl, F.* An econometric input-output model for EU countries based on supply and use tables: the production side [Text] / *F. Neuwahl, A. Uihlein, A. Genty* // Working Papers in Input-Output Economics. No. WPIOX 09-007. – 2009.
12. *Державна служба статистики України.* Таблиця «Витрати-Випуск» (в цінах споживачів) [Електронний ресурс] / *Державна служба статистики України*. – Держстат України, 2016. – Режим доступу : https://ukrstat.org/uk/operativ/operativ2006/vvp/vitr_vip/vitr_u/arh_vit_r_u.html. – Дата звернення : 30 листопада 2016.
13. *Державна служба статистики України.* Класифікація видів економічної діяльності (КВЕД-2012) [Електронний ресурс] / *Державна служба статистики України*. – Держстат України, 2016. – Режим доступу : <http://kved.ukrstat.gov.ua/>. – Дата звернення : 30 листопада 2016.

References (transliterated)

1. *Kalytych H. I., Korzhavin K. M.* *Naukovo-tehnolohichnyy ta innovatsiynyy rozvytok: kontseptsiiyi, modeli, rishennya* [Scientific, technological and innovative development: concepts, models, and solutions]. Kyiv, UkrINTEI, 2008. 268 p.
2. *Kononenko I., Babych I.* Forecasting of Results of the State-Level Projects Implementation. *The 7th International Conference on Business, Management and Economics (ICBME 2011)*. E-Proceedings. Cesme, Izmir, Turkey. 06-08 October 2011. 15 p.
3. *Kononenko I., Repin A.* The Modeling and Forecasting of the Technological and Innovational Development of a Transition-Economy Country. *The 3rd International Conference on Project Management (ProMac2006)*. Sydney, Australia, 2006. 7 p.
4. *Kononenko I. V., Babych I. I.* Ocenka tochnosti prognozirovaniya imitacionnoj modeli nauchno-tehnologicheskogo razvitiya vidov jekonomicheskoy dejatel'nosti Ukrainy [Assesment of the accuracy of the simulation model of scientific and technological development of economic activities in Ukraine]. *Upravlinnja proektami: stan ta perspektivi: tezi dopovidej X Mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii* [Project Management: State and Perspectives. Proceedings of the 10th International and Practical Conference]. Mykolaiv, 2014, pp. 138–139.
5. *Leontief W., Barna T., ed.* *Structural Interdependence and Economic Development*. 1963. 437 p. doi: 10.1007/978-1-349-81634-7
6. *Leontief W.* *Review of Economics and Statistics*. 1970. 389 p.
7. *Leontief W.* *Input-Output Economics*. New York, Oxford University Press, 1966. 257 p. (Rus ed.: Leont'ev V.V. *Mezhotraslevaja jekonomika*. Moscow, Jekonomika Publ., 1997. 479 p.)
8. *Chenery H. B., Clark P.* *Interindustry Economics*. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1959. (Rus ed.: Cheneri H., Klark P. *Jekonomika mezhotraslevykh svjazej*. Moscow, Izd-vo inostrannoj literatury, 1962. 384 p.)
9. *Carter Anne P.* *Structural Change in the American Economy*. Harvard University Press, 1970. 292 p. (Rus ed.: Carter A. *Strukturnye izmenenija v jekonomike SShA*. Moscow, Ekonomika Publ., 1974. 272 p.)

10. Ghosh P. P., Ghose A., Chakraborty D. A Critical Review of the Literature on Integrated Macroeconometric & Input-Output Models. *The 19th International Input-Output Conference*. Alexandria VA, USA, 2011. 55 p.
11. Neuwahl F., Uihlein A., Genty A. *An econometric input-output model for EU countries based on supply and use tables: the production side*. Working Papers in Input-Output Economics, No. WPIOX 09-007, 2009.
12. Derzhavna Sluzhba Statystyky Ukrainy. *Tablytsya «Vytraty-Vypusk» (v tsinakh spozhyvachiv)* [Ukrainian Input-Output Table at Consumer Prices]. Available at: https://ukrstat.org/uk/operativ/operativ2006/vvp/vitr_vip/vitr_u/arh_vitr_u.html. (Accessed 30.11.2016).
13. Derzhavna Sluzhba Statystyky Ukrainy. *Klasyfikatsiya vydiv ekonomichnoyi diyal'nosti (KVED-2012)* [Classification of economic activities]. Available at: <http://kved.ukrstat.gov.ua/>. (Accessed 30.11.2016).

Поступила (received) 05.12.2016

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Моделювання міжгалузевих взаємодій в імітаційній моделі прогнозування розвитку промисловості України / І. І. Бабич // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. – Х.: НТУ «ХПІ», 2017. – № 2 (1224). – С. 95–105. – Бібліогр.: 13 назв. – ISSN 2311-4738.

Моделирование межотраслевых взаимодействий в имитационной модели прогнозирования развития промышленности Украины / И. И. Бабич // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. – Х.: НТУ «ХПІ», 2017. – № 2 (1224). – С. 95–105. – Библиогр.: 13 назв. – ISSN 2311-4738.

Modeling of interbranch interactions in the simulation model for forecasting the development of industry in Ukraine / I. I. Babych // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Strategic management, portfolio, program and project management. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2017. – No. 2 (1224). – P. 95–105. – Bibliogr.: 13. – ISSN 2311-4738.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Бабич Ігор Ігоревич – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», старший викладач кафедри стратегічного управління; тел.: (095) 686–05–10; e-mail: babych.igor.i@gmail.com.

Бабич Игорь Игоревич – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», старший преподаватель кафедры стратегического управления; тел.: (095) 686–05–10; e-mail: babych.igor.i@gmail.com.

Babych Igor Igorevych – National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Senior Lecturer at the Department of Strategic Management; tel.: (095) 686–05–10; e-mail: babych.igor.i@gmail.com.