



Отримано: 24 листопада 2020 р.

Прорецензовано: 07 грудня 2020 р.

Прийнято до друку: 11 грудня 2020 р.

e-mail: v.dilenko@gmail.com

DOI: 10.25264/2311-5149-2020-19(47)-111-118

Диленко В. А., Коева Е. О. Математическое моделирование рационального выбора простейших механизмов экономической интеграции. *Наукові записки Національного університету «Острозька академія». Серія «Економіка»* : науковий журнал. Острогор : Вид-во НаУОА, вересень 2020. № 19(47). С. 111–118.

УДК: 330.46

JEL-класифікація: C02

ORCID-ідентифікатор: 0000-0002-3777-5358

Диленко Віктор Алексеевич,

доктор економічних наук, доцент, професор
кафедри прикладної математики та інформаційних технологій
Одеського національного політехнічного університету

Коева Катерина Олегівна,

магістрантка Одеського національного політехнічного університету

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ВЫБОРА ПРОСТЕЙШИХ МЕХАНИЗМОВ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ИНТЕГРАЦИИ

В статье для анализа процессов совместного функционирования экономик при различных механизмах их объединения приведена математическая модель интеграции двух экономических систем, основу которой составляют элементы модели экономической динамики Солоу. Для рационального выбора механизмов экономической интеграции предлагается подход, который состоит в построении и анализе своеобразных карт оптимальных способов объединения исследуемых экономических систем. На картах представлены области значений выбранных параметров модели экономических систем, для которых наилучшим является соответствующий механизм их интеграции. Приведены примеры построения и анализа как отдельных карт оптимальных механизмов объединения экономических систем, так и их определенной последовательности, отражающей процессы трансформации соответствующих областей карт под воздействием некоторых внешних факторов.

Ключевые слова: экономическая интеграция, механизмы объединения, рациональный выбор, математическая модель, карта оптимальных механизмов интеграции.

Діленко Віктор Олексійович,

доктор економічних наук, доцент, професор
кафедри прикладної математики та інформаційних технологій
Одеського національного політехнічного університету

Коева Катерина Олегівна,

магістрантка Одеського національного політехнічного університету

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ВИБОРУ НАЙПРОСТІШИХ МЕХАНІЗМІВ ЕКОНОМІЧНОЇ ІНТЕГРАЦІЇ

У статті для аналізу процесів спільного функціонування економік при різних механізмах їх об'єднання приведена математична модель інтеграції двох економічних систем, основу якої складають елементи моделі економічної динаміки Солоу. Для раціонального вибору механізмів економічної інтеграції пропонується підхід, який полягає в побудові й аналізі своєрідних карт оптимальних способів об'єднання досліджуваних економічних систем. На картах представлені області значень обраних параметрів моделі економічних систем, для яких найкращим є відповідний механізм їх інтеграції. Наведені приклади побудови та аналізу як окремих карт оптимальних механізмів об'єднання економічних систем, так і їх певної послідовності, що відбиває процеси трансформації відповідних областей карт під впливом деяких зовнішніх факторів.

Ключові слова: економічна інтеграція, механізми об'єднання, раціональний вибір, математична модель, карта оптимальних механізмів інтеграції.



Viktor Dilenko,

*Doctor of Economics, Associate Professor, Professor at Department of Applied Mathematics and Information Technologies,
Odessa National Polytechnic University*

Kateryna Koeva,

Master student at the Odessa National Polytechnic University

MATHEMATICAL MODELING OF THE RATIONAL CHOICE OF THE SIMPLEST MECHANISMS OF ECONOMIC INTEGRATION

The article concerns a certain economic and mathematical approach to the rational choice problem analysis of economic systems integration mechanisms. It is believed that the essence of integration lies in rearrangement of derived net product between the systems for their development, and the means of mentioned rearrangement determine the possible integration mechanisms of relevant economic systems. The mathematical model of two economic systems integration is built to analyse the processes of economies confunction in view of different mechanisms of their integration. At the model's core are the elements of the well-known model of Solow economic dynamics, describing its production constituent. The model made of two differential equations systems reflecting the evolution of fixed production assets of consolidated economic systems with various mechanisms of their integration.

Within the framework of the developed model is proposed an approach for rational choice of economic integration mechanisms, which relies on constructing and analyzing charts of the optimal ways of the examined economic systems confunction. There the domains of selected options of economic systems development model are represented, for which the best is an appropriate mechanism of their integration.

This article presents the examples of constructing and analyzing both separate charts of the optimal integration mechanisms of economic systems and their certain sequence. It reflects the transformation processes of the corresponding areas of charts under the influence of some internal and external factors. As such factors were considered the criterion of the integration mechanism choice and the intensity of the scientific and technological progress impact. The latter comprises a kinetic component which was introduced into the constructed model and is responsible for the influence of autonomous scientific and technological progress on the development of investigated economic systems.

Key words: *economic integration, integration mechanisms, rational choice, mathematical model, charts of the optimal integration mechanisms.*

Постановка проблеми. Одной из особенностей современной экономики является интенсивное развитие различных интеграционных процессов, которые, как утверждают многие исследователи, стали наиболее распространенным явлением в мировом хозяйстве. Поэтому представляются актуальными задачи анализа данных процессов, в том числе и с привлечением возможностей экономико-математических методов и моделей.

Анализ последних исследований и публикаций. Изучению интеграционных явлений посвящена обширная экономическая литература. Гораздо в меньшей степени исследование экономической интеграции осуществляется методами экономико-математического моделирования. Причем, в большинстве научных публикациях, посвященных математическому моделированию различных аспектов интеграционных процессов в экономике, основное внимание уделяется вопросам оценки тех или иных результатов реализации данных процессов. Указанная тематика рассматривается, например, в работах И. П. Богомоловой, О. Н. Верстяк, М. С. Емец, О. Ю. Мичуриной, О. Г. Стукало, И. Е. Устюговой и др. [1; 2; 5; 7]. При этом возможные альтернативные способы интеграции соответствующих экономических субъектов хозяйствования обычно не анализируются. В свою очередь в статье [4] представлено математическое описание некоторых простейших гипотетических механизмов объединения экономических систем и проводится их экономико-математическое исследование. Однако задача выбора из указанных наилучшего в некотором смысле экономического механизма интеграции систем не рассматривается. Соответственно **целью** настоящей работы является описание и демонстрация на основе моделей [4] одного из возможных подходов к решению задачи рационального выбора механизмов объединения экономических систем.

Изложение основного материала. Следуя [4] будем использовать для математического описания процессов функционирования экономической системы, полученной в результате объединения двух систем посредством некоторого механизма интеграции, макроэкономическую модель экономической динамики Солоу в форме

$$\begin{cases} \frac{dK_1}{dt} = A(t)(s_1P_1(t) + s_2P_2(t)) - \gamma_1K_1(t), \\ \frac{dK_2}{dt} = (1 - A(t))(s_1P_1(t) + s_2P_2(t)) - \gamma_2K_2(t), \end{cases} \quad (1)$$



где $K_1(t), K_2(t)$ – величины производственных фондов объединяемых экономических систем, γ_1, γ_2 – коэффициенты их выбытия; S_1, S_2 – параметры, определяющие долю произведенного продукта, направляемого на прирост и компенсацию выбытия производственных фондов; $P_1(t), P_2(t)$ – объемы производства рассматриваемых систем, которые задаются производственными функциями Кобба-Дугласа

$$P(t) = b_0 K^\alpha(t) L^\beta(t).$$

Модель (1) соответствует пониманию экономической интеграции как объединения различных субъектов хозяйствования для достижения некоторой общей цели [6, с. 9]. В данной модели полагается, что содержанием механизма интеграции рассматриваемых двух экономик является перераспределение между ними их суммарного продукта, направляемого на развитие анализируемых экономических систем. Конкретный способ указанного перераспределения (интерпретируемый как соответствующий механизм экономической интеграции) задается в модели с помощью множителя $A(t)$. Выбор $A(t)$ при моделировании процессов объединения систем может осуществляться в соответствии с тем или иным экономическим критерием, который отвечает стратегической цели интеграции анализируемых экономических систем.

Рассматривались виды $A(t)$, которые отражают следующие механизмы распределения всего производимого продукта:

$A_1(t)$ – пропорционально исходным величинам производственных фондов объединяемых систем $K_1(0), K_2(0)$;

$A_2(t)$ – пропорционально текущим значениям величин производственных фондов $K_1(t), K_2(t)$;

$A_3(t)$ – пропорционально исходным величинам продукции, производимой рассматриваемыми экономическими системами $P_1(0), P_2(0)$;

$A_4(t)$ – пропорционально текущим величинам производимой продукции $P_1(t), P_2(t)$;

$A_5(t)$ – пропорционально значениям коэффициентов эластичности выпуск по производственным фондам, используемых в рассматриваемых моделях производственных функций (параметры α_1, α_2 функций Кобба-Дугласа для соответствующих экономик).

В работе [4] показано, что результаты функционирования объединенной экономической системы определяющим образом зависят не только от применяемого механизма интеграции экономик, но и от характеристик этих экономик. Действительно, на графиках рис. 1 представлена динамика суммарных объемов производства для случая функционирования отдельных экономических систем (сплошная линия) и их объединения (пунктирная линия). Причем, графики (а) и (б) отвечают экономическим системам, которые отличаются только незначительным изменением параметра одной из них при одинаковых механизмах объединения.

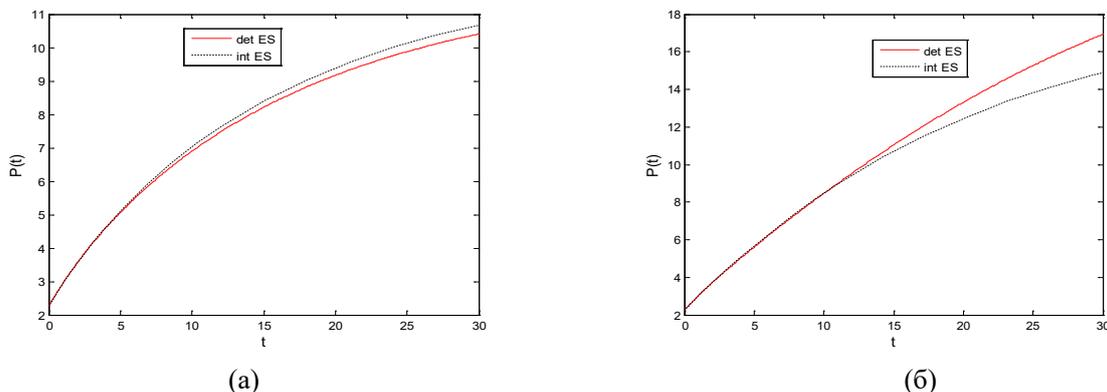


Рис. 1. Динамика суммарных объемов производства отдельных и объединенных экономических систем

Приведенные графики показывают, что относительно небольшие изменения параметров экономических систем могут приводить к кардинальному изменению первоначальных результатов их объединения, а именно – интеграция экономик на основе использования выбранного механизма объединения становится нецелесообразной.

Учитывая сказанное, для рационального выбора механизма объединения экономических систем в рамках приведенной модели будем рассматривать подход, суть которого состоит в построении своеобразных карт реализации анализируемых механизмов интеграции. На этих картах отражаются области изменения значений параметров рассматриваемых систем, в которых наилучшим является некоторый механизм объединения (области однотипного поведения модели [3, с. 282–298]).



Для построения таких карт необходимо в каждой точке рассматриваемых диапазонов изменения выбранных параметров объединяемых экономических систем смоделировать их развитие (посредством решения системы дифференциальных уравнений (1)) при каждом механизме их интеграции $A(t)$. По результатам такого моделирования выбирается наилучший способ объединения экономик с заданными параметрами. Этот механизм для данных значений параметров должен быть представлен на карте. Рассмотрим далее различные аспекты процесса построения и анализа таких карт.

На рис. 2 приведена карта оптимальных механизмов объединения определенной экономической системы с экономиками, параметры эластичность выпуска по производственным фондам α и коэффициент выбытия производственных фондов γ которых варьируется в соответствующих диапазонах с шагом 0.1 (при некоторых фиксированных значениях остальных параметров модели (1)). Для выбора механизма объединения при этом могут использоваться различные критерии, например, максимум суммарного объема производства объединенной экономической системы за весь анализируемый период или в его конечный момент времени, максимум суммарной величины производственных фондов объединения систем в конце рассматриваемого планового периода и др. При построении карты рис. 2 для простоты использовался последний из указанных критериев. Числа i в ячейках данной карты отвечают наилучшему механизму объединения $A_i(t)$ рассматриваемой системы с экономикой, которая имеет соответствующие значения параметров α и γ .

γ_2													
0,9	5	5	5	1	4	4	4	4	4	4	2	2	
0,8	5	5	5	1	4	4	4	4	4	4	4	2	
0,7	5	5	5	1	1	4	4	4	4	4	4	2	
0,6	5	5	5	1	1	1	4	4	1	3	3		
0,5	5	5	5	1	1	1	1	3	5	5	5		
0,4	5	2	2	1	1	1	4	5	5	5	5		
0,3	5	5	5	1	3	5	5	5	4	4	4		
0,2	5	5	3	4	4	2	2	4	4	4	4		
0,1	3	4	4	2	2	2	2	2	4	4	4		
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	α_2	

Рис. 2. Карта оптимальных механизмов объединения двух экономических систем с критерием максимума суммарной величины производственных фондов

Карта рис. 2 позволяет наглядно представить области значений параметров экономической системы, для которых преимущественным является тот или иной механизм объединения.

Например, можно видеть, что при низких значениях коэффициента эластичности α и высоких коэффициента выбытия производственных фондов γ в значительной области их изменения наилучшим механизмом интеграции является $A_5(t)$. Если же параметр экономики γ принимает низкие значения из выделенного диапазона, а α высокие, то для соответствующей области, представленной на карте, необходимо использовать механизм $A_4(t)$. Также можно заметить, что механизм объединения $A_3(t)$ целесообразно применять только при единичных сочетаниях параметров экономической системы α и γ . Анализируя карту, можно сделать выводы и о наиболее востребованных способах интеграции экономических систем, в данном случае это механизмы $A_4(t)$ и $A_5(t)$, которые образуют большие связанные области реализации и занимают 33,3 % и 31,3 % площади всей карты соответственно.

Приведенная карта представляет информацию не только о частоте использования того или иного механизма интеграции экономических систем, но и позволяет судить об устойчивости выбранного механизма относительно изменений параметров системы, с которой происходит объединение. Например, если такая экономическая система имеет значения параметров $\alpha_2 = 0,1$, $\gamma_2 = 0,6$, то их небольшие вариации не изменят выбранное решение – лучшим механизмом объединения остается $A_3(t)$, т.е. тот, который изначально был определен для интеграции рассматриваемых систем. Такая картина свидетельствует об определенной устойчивости механизма объединения $A_3(t)$ к возможным отклонениям значений параметров α_2 и γ_2 в процессе совместного функционирования анализируемых экономических систем.

Принципиально иная ситуация, если система на момент объединения имеет параметры $\alpha_2 = 0,7$, $\gamma_2 = 0,5$. Тогда, как показывает карта, небольшие изменения значения хотя бы одного из этих параметров приводят к изменению способа объединения систем $A_3(t)$, который являлся лучшим при исходных параметрах, на $A_1(t)$, $A_4(t)$ или $A_5(t)$, т.к. именно эти механизмы объединения систем становятся оптимальными при изменении параметров $\alpha_2 = 0,7$, $\gamma_2 = 0,5$ на $\pm 0,1$. Это означает, что в данных условиях выбор механизма $A_3(t)$



несет значительные риски стать неэффективным при небольших отклонениях в ту или иную сторону от значений параметров, при которых он был сделан.

На выбор механизма объединения экономических систем влияют не только значения их параметров, но и критерий такого выбора, смена которого может приводить к различным трансформациям исходной карты оптимальных механизмов интеграции. Для примера рассмотрим карту рис. 3, при построении которой в качестве критерия выбора механизма объединения использовался максимум суммарного объема производства систем в конечный момент времени.

γ_2													
0,9	5	5	5	1	4	4	4	1	1	2	2		
0,8	5	5	5	1	4	4	1	1	1	1	2		
0,7	5	5	5	1	1	4	1	1	3	3	1		
0,6	5	5	5	1	1	1	3	3	5	5	5		
0,5	5	5	5	1	1	1	3	5	5	5	5		
0,4	5	2	5	1	1	3	5	5	5	5	5		
0,3	5	5	5	1	1	4	5	4	4	4	4		
0,2	5	5	5	1	3	5	4	4	4	4	4		
0,1	5	5	5	1	5	4	4	4	4	4	4		
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	α_2	

Рис. 3. Карта оптимальных механизмов объединения двух экономических систем с критерием максимума суммарного объема производства

Сравнивая карты рис. 2 и рис. 3, можно проанализировать влияние указанного изменения критерия выбора механизма интеграции систем на вид исходной карты. Например, можно видеть, что на карте рис. 3 по сравнению с картой рис. 2 область значений рассматриваемых параметров, для которых наилучшим способом объединения экономических систем является $A_4(t)$, уменьшилась с 33,3 % до 22,2 % всей площади карты, область механизма $A_5(t)$ увеличилась с 31,3 % до 41,4 %, а механизма $A_1(t)$ с 15,1 % до 25,3 %. Однако имеются и области значения параметров α_2, γ_2 , которые сохранили неизменным выбор способа интеграции экономических систем при смене критерия такого выбора, например, область значений параметров $\alpha_2 \in [0, 0,2], \gamma_2 \in [0,5, 0,9]$. Соответствующим образом ведут себя и оптимальные механизмы в выделенных точках карты $\alpha_2 = 0,1, \gamma_2 = 0,6$ и $\alpha_2 = 0,7, \gamma_2 = 0,5$. Однако в целом, варьирование критерия выбора механизма объединения систем существенным образом влияет на конфигурацию рассматриваемых карт реализации оптимальных механизмов.

Построение отдельных карт оптимальных механизмов объединения экономических систем, представленных на рис. 2 и 3, позволяет получить полезную информацию для решения задачи рационального выбора способа их интеграции. Однако для более глубокого анализа последствий реализации того или иного механизма объединения систем целесообразно использовать не одну, а целый набор карт, которые бы отражали воздействие некоторых важнейших внешних факторов на особенности функционирования объединяемых экономических систем, а значит и на выбор механизма их совместного функционирования.

Рассмотрим построение указанного набора карт с целью оценки воздействия на анализируемые экономические процессы такого определяющего в современных условиях фактора, как научно-технический прогресс.

Одним из широко распространенных способов представления экзогенного НТП в экономико-математическом моделировании является его учет в макроэкономических производственных функциях посредством введения в них так называемого мультипликатора прогресса, который обычно имеет вид $a_0 e^{\delta t}$, где параметр δ – темп прироста производства за счет технического прогресса (темп НТП), a_0 – некоторый параметр [8, с. 91].

Тогда, в предположении, что НТП в одинаковой степени влияет на обе объединяемые экономические системы, модель (1) претерпит небольшие изменения и примет вид

$$\begin{cases} \frac{dK_1}{dt} = A(t)a_0 e^{\delta t} (s_1 P_1(t) + s_2 P_2(t)) - \gamma_1 K_1(t), \\ \frac{dK_2}{dt} = (1 - A(t))a_0 e^{\delta t} (s_1 P_1(t) + s_2 P_2(t)) - \gamma_2 K_2(t). \end{cases} \quad (2)$$

На ри. 4–7 представлены карты оптимальных механизмов объединения экономических систем (в качестве критерия, как и ранее, использовался максимум суммарной величины производственных фондов



объединения систем в конце рассматриваемого планового периода) при различных темпах научно-технического прогресса δ .

γ_2													
0,9	5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
0,8	5	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	
0,7	5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
0,6	5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
0,5	5	2	2	2	2	2	2	4	2	2	2	2	
0,4	5	2	2	2	2	2	4	4	4	1	5	5	
0,3	5	2	2	2	2	2	4	3	5	5	5	5	
0,2	5	2	2	2	2	3	1	5	5	4	4	4	
0,1	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	α_2	

Рис. 4. Карта оптимальных механизмов объединения двух экономических систем при $\delta = 0$

Карта рис. 4 отвечает ситуации, когда влияние НТП на развитие объединяемых систем не учитывается ($\delta = 0$). Можно видеть, что в данной ситуации при интеграции систем в рассматриваемом диапазоне изменения выбранных параметров одной из них явно преобладает механизм объединения $A_2(t)$. Область, в которой он является наилучшим способом объединения систем, занимает 62,6% площади всей карты. В значительно меньшей степени используются механизмы $A_3(t)$ и $A_4(t)$ – 22,3 % и 10,1 % карты соответственно, а приемы интеграции экономических систем $A_1(t)$ и $A_5(t)$ применяются в единичных случаях (2,0 % и 3,0 %).

Проанализируем далее, какое влияние оказывает научно-технический прогресс на выбор механизма объединения систем. Карты рис. 5–7 демонстрируют трансформацию исходной карты оптимальных механизмов интеграции экономических систем рис. 4 под действием НТП различной интенсивности (с различными темпами δ).

γ_2													
0,9	5	4	3	3	3	1	4	4	4	4	4	1	
0,8	5	2	3	3	3	5	4	4	4	4	4	1	
0,7	5	2	3	3	3	5	4	4	4	4	4	1	
0,6	5	2	3	3	3	4	4	4	4	4	4	1	
0,5	5	2	3	3	1	4	4	4	4	4	4	1	
0,4	5	2	3	3	5	4	4	4	4	4	4	1	
0,3	5	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	1	
0,2	5	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	1	
0,1	5	5	1	4	4	4	4	4	4	4	4	1	
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	α_2	

Рис. 5. Карта оптимальных механизмов объединения двух экономических систем при $\delta = 0,2$

Карта рис. 5 показывает, что учет влияния научно-технического прогресса (темп НТП $\delta = 0,2$) существенно образом меняет картину использования различных механизмов объединения экономик – резко сужается область применения механизма объединения $A_2(t)$ (с 62,6 % площади всей карты до 7,1 %) и значительно возрастает способов интеграции $A_1(t)$, $A_3(t)$, $A_4(t)$ (с 2,0 %, 3,0 % и 10,1 % до 12,1 %, 19,2 %, 48,5 % соответственно). Заметно изменяется величина зоны использования и механизма $A_3(t)$ (с 22,3 % до 13,1 %).

На картах рис. 6 и 7 представлена дальнейшая трансформация карты оптимальных механизмов объединения экономических систем под воздействием научно-технического прогресса с различными уровнями его интенсивности ($\delta = 0,3$ и $\delta = 0,5$). При этом основной направленностью изменения карт является увеличение области применения механизма объединения $A_4(t)$, которая на карте рис. 5 занимает уже 65,7 % всей ее площади, т.е. при темпе НТП $\delta = 0,5$ данный механизм занимает такие же доминирующие позиции, как и способ интеграции экономик $A_2(t)$ при $\delta = 0,2$.



γ_2													
0,9	5	4	3	3	1	4	4	4	4	4	4	2	
0,8	5	4	3	3	1	4	4	4	4	4	4	2	
0,7	5	4	3	3	1	4	4	4	4	4	4	2	
0,6	5	4	3	3	5	4	4	4	4	4	4	2	
0,5	5	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	2	
0,4	5	2	3	1	4	4	4	4	4	4	4	2	
0,3	5	2	3	5	4	4	4	4	4	4	4	2	
0,2	5	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	1	
0,1	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	α_2	

Рис. 6. Карта оптимальных механизмов объединения двух экономических систем при $\delta = 0,3$

γ_2													
0,9	5	4	3	3	5	4	4	4	4	4	4	2	
0,8	5	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	2	
0,7	5	4	3	1	4	4	4	4	4	4	4	2	
0,6	5	4	3	5	4	4	4	4	4	4	4	2	
0,5	5	4	3	5	4	4	4	4	4	4	4	2	
0,4	5	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	1	
0,3	5	2	5	4	4	4	4	4	4	4	4	1	
0,2	5	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	
0,1	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	α_2	

Рис. 7. Карта оптимальных механизмов объединения двух экономических систем при $\delta = 0,5$

Карты рис. 4–7 показывают, что учет влияния научно-технического прогресса приводит к существенной трансформации исходной карты, изменяя как величину, так и расположение областей применения оптимальных механизмов объединения экономических систем.

Последовательный набор карт, как и ранее одна карта, может использоваться для анализа устойчивости выбранного механизма интеграции систем при различных воздействиях некоторого внешнего фактора. Например, если рассматриваемая экономическая система объединяется с системой, которая имеет параметры $\alpha_2 = 0,3$, $\gamma_2 = 0,5$, то, как видно на карте рис. 4, оптимальным способом такого объединения без учета влияния научно-технического прогресса является $A_2(t)$. Если же объединение указанных экономических систем происходит под воздействием НТП, то с ростом величины его темпа (карты рис. 5–7) оптимальный механизм интеграции $A_2(t)$ должен соответственно изменяться на $A_3(t)$ и $A_5(t)$. Вместе с тем можно видеть и стабильные решения задачи рационального выбора механизма интеграции систем. Например, выбор механизма $A_4(t)$ объединения с экономической системой, имеющей параметры $\alpha_2 = 0,7$, $\gamma_2 = 0,5$, остается неизменным при учете влияния научно-технического прогресса при всех рассматриваемых значениях темпа НТП.

Выводы. Предложен подход к решению задачи рационального выбора механизма объединения экономических систем, который за счет широкой визуализации возможных результатов и перспектив такого выбора, проведенной посредством построения своеобразных карт оптимальных механизмов экономической интеграции, позволяет упростить процедуру его реализации, повысить обоснованность и надежность принимаемых решений. Дальнейшее развитие данного подхода может быть связано с постановкой и решением задач количественной оценки устойчивости областей карты и выбора способа объединения экономик с учетом данного фактора, других внутренних и внешних факторов функционирования отдельных экономических систем и их объединения (например, эндогенного НТП), расширением множества возможных механизмов интеграции систем и т.п.

Литература:

1. Богомолова И. П., Стукало О. Г., Устюгова И. Е. Экономико-математическая модель оценки эффективности интеграционных формирований. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. 2015. № 2. С. 229–236.



Bogomolova I. P., Stukalo O. G., Ustyugova I. E. (2015). Ekonomiko-matematicheskaya model' otsenki effektivnosti integratsionnykh formirovaniy [Economic-mathematical model for evaluating the effectiveness of the integration units]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologiy*. [Bulletin of Voronezh State University of Engineering Technologies], 2, 229-236. [in Russian]

2. Верстяк О. М. Економіко-математичне моделювання експортного потенціалу базових галузей промисловості України у процесі міжнародної економічної інтеграції. *Вісник Чернівецького торговельно-економічного інституту. Економічні науки*. 2014. Вип. 4. С. 237–247.

Verstjak O. M. (2014). Ekonomiko-matematichne modeljuvannja eksportnogoho potencialu bazovykh ghaluzey promyslovosti Ukrainy u procesi mizhnarodnoji ekonomichnoji integraciji [Economic and mathematical modeling of the export potential of the basic industries of Ukraine in the process of international economic integration]. *Visnyk Chernivcjkogho torghoveljno-ekonomichnogho instytutu. Ekonomichni nauky*. [Bulletin of Chernivtsi Institute of Trade and Economics. Economic sciences], 4, 237-247. [in Ukrainian]

3. Диленко В. А. Экономико-математическое моделирование инновационных процессов: монография. Одесса : Фенікс, 2013.

Dilenko V. A. (2013). Ekonomiko-matematicheskoe modelirovanie innovatsionnykh protsessov : monohrafiia [Economic and mathematical modeling of the innovative processes: monograph]. Odessa : Feniks. [in Russian]

4. Диленко В. А. Математическое моделирование некоторых механизмов объединения экономических систем. *Проблемы экономики*. 2018. № 2. С. 403–409.

Dilenko V. A. (2018). Matematicheskoe modelirovanie nekotorykh mekhanizmov ob»edineniya ekonomicheskikh system [Mathematical modeling of some mechanisms of economic systems integration]. *Problemy ekonomiki*. [The problems of economy], 2, 403-409. [in Russian]

5. Смець М. С. Побудова економіко-математичної моделі впливу інтеграційних процесів на розвиток міжнародного туризму в Україні. *Бізнес Інформ*. 2013. № 12. С. 119–123.

Jemecj M. S. (2013). Pobudova ekonomiko-matematichnoji modeli vplyvu integracijnykh procesiv na rozvytok mizhnarodnogho turyzmu v Ukraini [Building an Economic and Mathematical Model of Influence of Integration Processes Upon Development of Tourism in Ukraine]. *Biznes Inform*. [Business Inform], 12, 119-123. [in Ukrainian]

6. Інтеграція економічних та інформаційних процесів: сучасний стан і перспективи розвитку: монографія / за заг. ред. Л. М. Савчук. Дніпропетровськ : Герда, 2015.

Savchuk L. M. (ed.) (2015). Integracija ekonomichnykh ta informacijnykh procesiv: suchasnyj stan i perspektyvy rozvytku: monohrafiija [Integration of economic and information processes: current state and development prospects: monograph]. Dnipropetrovsjk : Gherda. [in Ukrainian]

7. Мичурина О. Ю. Экономико-математическое моделирование оценки эффективности интеграционных процессов в промышленности. *Вестник Астраханского технического университета. Серия: Экономика*. 2010. Вып. 2. С. 103–112.

Michurina O. Yu. (2010). Ekonomiko-matematicheskoe modelirovanie otsenki effektivnosti integratsionnykh protsessov v promyshlennosti [Economic and mathematical modeling of evaluating the effectiveness of integration processes in industry]. *Vestnik Astrakhanskogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Ekonomika*. [Bulletin of Astrakhan Technical University. Series: Economics], 2, 103-112. [in Russian]

8. Плакунов М. К., Раяцкас Р. Л. Производственные функции в экономическом анализе. Вильнюс : Минтис, 1984.

Plakunov M. K., Rayatskas R. L. (1984). Proizvodstvennyye funktsii v ekonomicheskom analize [Production functions in economic analysis]. Vil'nyus : Mintis. [in Russian]