

Зміст

ВСТУП

І РОЗДІЛ. МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНОЇ ФІНАНСОВОЇ КРИЗИ

Kiv A., Soloviev V., Solovieva K. MULTISCALING OF INFORMATION COMPLEXITY MEASURES

Матвійчук А.В., Паламарчук О.В. МОДЕЛЮВАННЯ КРЕДИТОСПРОМОЖНОСТІ ЮРИДИЧНИХ ОСІБ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ІНСТРУМЕНТАРІЮ ТЕОРІЇ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

Якуб Е.С., Калашникова Е.А., Васильченко К.Г. АГЕНТНО-ДИНАМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ОГРАНИЧЕННЫМИ РЕСУРСАМИ

Великоіваненко Г.І. ДОСЛІДЖЕННЯ АДЕКВАТНОСТІ МАТЕМАТИЧНОГО ІНСТРУМЕНТАРІЮ МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ З УРАХУВАННЯМ ІМОВІРНІСНИХ, НЕЧІТКИХ ТА НЕЛІНІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

Денисенко В.С., Слынько В.И. РОБАСТНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ИМПУЛЬСНЫМИ УПРАВЛЯЮЩИМИ ВОЗДЕЙСТВИЯМИ

Сапцин В. М. ИСТОРИКО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО ВЗАИМОПОНИМАНИЯ В МАТЕМАТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ СЛОЖНОСТИ

Солодучін С.В. ТИПОЛОГІЯ СТАДНОЇ ПОВЕДІНКИ АГЕНТІВ НА ФІНАНСОВИХ РИНКАХ

Батир А.В., Соловйов В.М., Щерба В.В. ПОРІВНЯ-

ЛЬНИЙ АНАЛІЗ РЕКУРЕНТНИХ ТА ЕНТРОПІЙ-
НИХ МІР СКЛАДНОСТІ

Данильчук Г.Б., Лук'янчук О.С., Соловійов В.М. ВИ-
КОРИСТАННЯ МУЛЬТИМАСШТАБНОЇ ПЕРЕС-
ТАНОВОЧНОЇ ЕНТРОПІЇ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ
СКЛАДНІСНОСТІ

Рибчинська О.М., Соловійов В.М., Чабаненко Д.М.
НЕРЕВЕРСИВНІ МІРИ СКЛАДНОСТІ

Соловійов В.М., Стратійчук І.О. ОСОБЛИВОСТІ ПО-
БУДОВИ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ІНДИКАТОРІВ-
ПЕРЕДВІСНИКІВ КРИЗОВИХ ЯВИЩ НА ОСНОВІ
МАСШТАБНО-ЗАЛЕЖНОГО ПОКАЗНИКА ЛЯ-
ПУНОВА

Соловійов В.М., Сердюк О.А. ВИКОРИСТАННЯ ЕН-
ТРОПІЇ ТСАЛЛІСА ДЛЯ ОЦІНКИ СКЛАДНОСТІ
ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ

Соловьёва В.В., Тулякова А.Ш. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
МУЛЬТИФРАКТАЛОВ В АНАЛИЗЕ ФОНДОВЫХ
РЫНКОВ

Кібальник Л.О. СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО МОНІТО-
РИНГУ ГЕОЕКОНОМІЧНИХ ТРАНСФОРМАЦІЙ В
УМОВАХ СВІТОВИХ ФІНАНСОВИХ КРИЗ

II РОЗДІЛ. МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ І МОДЕЛІ В ЕКОНОМІЦІ

Точилін В.О., Куреня С.В. МОДЕЛЮВАННЯ ВИРО-
БНИЧИХ СИСТЕМ ДЛЯ УМОВ РИНКОВОЇ РІВ-
НОВАГИ

Казак А.Ю., Слепухина Ю.Э. ИНВЕСТИЦИОННЫЙ
ПОТЕНЦИАЛ РОССИЙСКОГО СТРАХОВОГО
БИЗНЕСА: СОСТОЯНИЕ, ПЕРСПЕКТИВЫ, МОДЕ-
ЛИ ФОРМИРОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ ПОРТФЕ-
ЛЕЙ НА ФИНАНСОВЫХ РЫНКАХ

Захарченко П.В., Кусый М.Ю. МОДЕЛИ ИНТЕ-

ГРАЦИИ КУРОРТНО-РЕКРЕАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Соколовська З.М., Маковей І.В. НЕЧІТКІ МЕТОДИ В МОДЕЛЮВАННІ КРЕДИТНОГО СКОРИНГУ

Гавриш О.А., Войтко С.В., Анкудович Т.Є. МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ДИНАМІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ

Соколовський Д.Б. МОДЕЛЬ «РИНКОВОЇ ОМАНИ» У ВЗАЄМОДІЇ КШТАЛТУ «ПРИНЦИПАЛ – АГЕНТ»

Бабенко В.О. УПРАВЛІННЯ ІННОВАЦІЙНИМИ ПРОЦЕСАМИ ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ АПК НА ОСНОВІ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Турлакова С.С. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ СТАДНЫМ ПОВЕДЕНИЕМ В ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Подолець Р.З., Дячук О.А., Чепелев М.Г. КОМПЛЕКСНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗВИТКУ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ

Сокурєнко П.І., Будников В.Н. РАЗРАБОТКА И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ФУНКЦИИ

Мельник В.В., Пепчук С.Н. ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СРОКОВ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ

III РОЗДІЛ. ІННОВАЦІЙНІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В БІЗНЕСІ Й ОСВІТІ

Деревяга П.И. ИННОВАЦИОННЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МОДЕРНИЗАЦИИ

ОБРАЗОВАНИЯ

Чорноус Г.О. ИНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДТРИМКИ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ СТРАТЕГІЧНОГО І ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ

Чайковська М.П., Медведь Т.С. АНАЛІЗ МЕТОДІВ РЕЙТИНГУВАННЯ БАНКІВ ЗГІДНО ЇХ ФІНАНСОВОЇ СТІЙКОСТІ

Триус Ю.В., Говорухін С.О., Галасун К.І., Магер Є.В., Ткаченко Б.Л. РОЗРОБКА І ВИКОРИСТАННЯ WEB-СЕРВІСІВ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ ЕКОНОМІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ І ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Гребешкова И.А., Цуканов А.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРЫ ОПЕРАЦИОННЫХ ЗАТРАТ НА НАЛОГОВУЮ НАГРУЗКУ НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ С 2007 ПО 2011 ГОДЫ

Тиховская Т.Н. МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ОЦЕНИВАНИЯ НАУЧНЫХ ПРОЕКТОВ ПРЕДПРИЯТИЙ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Курбанов К.Р., Пушкар О.І. СТИМУЛЮВАННЯ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ – ШЛЯХ ДО ПІДВИЩЕННЯ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ РЕГІОНІВ

ВСТУП

Альберт Ейнштейн якось відмітив, що давні проблеми рідко вирішуються в межах домінуючої парадигми. Поточна глобальна фінансова криза є яскравим свідченням того, що традиційні аналітичні методи дослідження сильно взаємозалежних техніко-еколого-соціо-економічних систем частіше нашітовхуються на проблеми, що не мають ефективного вирішення. Класичні підходи були розроблені для опису стійкого, поволі еволюціонуючого світу. По самій своїй суті ці методи і підходи не були призначені для опису та моделювання швидких змін, непередбачуваних стрибків і складних взаємодій окремих складових сучасного світового ринкового процесу.

Ще в середині минулого сторіччя в процесі становлення системної наукової парадигми було усвідомлено, що складні системи різноманітної природи проявляють універсальні властивості, дослідження яких вимагає розробки принципово нових моделей і методів, які сформувались у такі міждисциплінарні підходи, як загальна теорія систем, системний аналіз, кібернетика. Згідно з цими підходами оптимальне функціонування складних систем відбувається за умови, коли система знаходиться в стійкому стані гомеостатичної рівноваги. У цьому стані система досягає максимуму своєї ефективності, найбільш продуктивного режиму функціонування.

Проте, сучасні міждисциплінарні дослідження свідчать, що визначальною умовою для забезпечення оптимальної поведінки складних систем є саме наявність нерівноважних станів. Закони, що визначають поведінку складних адаптивних систем принципово відрізняються від тих, за якими функціонують рівноважні системи і які є основою традиційних класичних методів їх аналізу. Нерівновага дозволяє здійснювати вільний вибір варіанту подальшого розвитку з цілого спектру можливих напрямків. Якщо рівноважний стан є необхідною умовою для стаціонарного, гомеостатичного існування систем, то нерівноважний стан являє собою момент переходу в точках біфуркації в якісно новий стан, в якому система може здобути як більш високий рівень організації та продуктивності, так і може деградувати та зруйнуватись. Окрім цього було усвідомлено, що складні системи є

принципово нелінійними, навіть незначні зміни зовнішніх або внутрішніх параметрів можуть суттєво змінити закон функціонування системи.

Сьогодні ми є свідками, мабуть, однієї з найзначніших трансформацій економічної науки за всю її історію. Поки що важко оцінити повністю наслідки зміни економічної парадигми, оскільки, на думку багатьох авторитетних дослідників, економіка знаходиться в своєрідній «точці біфуркації», з якої вона вийде якісно іншою. Як відзначає Ерік Бейнхокер, ми є свідками переходу «від традиційної економіки до економіки складності (complexity economy)».

Таку думку підтримує і А. Гальчинський. Він вважає, що настав час «...методологічного оновлення економічної теорії - на творчому освоєнні напрацьованих прикладними науками (насамперед, фізикою і математикою) концептуальних постулатів функціонування та розвитку складних систем». За А.Гальчинським, саме методологія складних систем і є тією основою, яка дозволяє нам предметніше осмислити проблему міждисциплінарних зв'язків економічної теорії з іншими суспільними та природничими науками, зокрема проблему наукового синтезу, яка набуває значення у сучасному науковому процесі .

Важливо враховувати й те, що зміщення акцентів від простого до складного - це не просто констатація певної наукової парадигми. Йдеться про значно більше - про нові світоглядні засади, нову культуру мислення, про базові принципи сучасного постмодерністського світосприйняття. За оцінками І. Пригожина, мова йде про наукову революцію в дослідженнях сучасного світоустрою, за якої акценти на дослідженнях складних систем «не залежать від того, чи йде мова про молекули, біологічні або соціальні системи».

«Економіка складності» зараз не є науковою дисципліною, що чітко оформилася, – швидше це область міждисциплінарних досліджень, що включають аспекти поведінкової економіки, теорії складних мереж (complex network theory), імітаційного моделювання, теорії хаосу, а також ідеї, запозичені з фізики, біології, антропології, когнітивної психології та інших природничонаукових і гуманітарних дисциплін.

Оскільки процеси моделювання, застосування кількісних методів в економіці передбачають процедури вимірювання,

важливе значення приділяється мірам складності. І. Пригожин зазначає, що поняття простоти і складності релятивізуються в плуралізмі мов опису, що зумовлює і множинність підходів до кількісного опису феномену складності:

- *агентно-орієнтоване моделювання;*
- *теорія нечітких множин і нечіткої логіки;*
- *еконо-, соціо- (фізика, ,,);*
- *нано-, нейро-, ... (економіка) тощо.*

При цьому ключовим елементом вказаної множинності є міждисциплінарність.

Відома робота нобелівського лауреата в галузі економіки 2007 року Пола Кругмана «Чому економічна наука безсила?» поклала початок жвавій дискусії з приводу зміни домінуючої парадигми. Її підтримав Джордж Сорос, створивши при оксфордському університеті Інститут нового економічного мислення..

Ініціатива Сороса - це ще одна його спроба захистити економіку як науку від поборників вільного ринку і дерегуляції, які, на думку мільярдера, також винні в глобальній економічній кризі. На думку Джорджа Сороса в даний час необхідні нові міждисциплінарні підходи до економіки, до яких залучатимуться історія, психологія, природничі науки.

Подібні доробки вже інтенсивно використовуються у рамках відомого міждисциплінарного напрямку використання теорії складних систем в економіці – еконофізики. Так, відомий еконофізик Ж.П.Буше, виходячи з факту нездатності традиційних методів передбачення і попередження кризових явищ також говорить про системну кризу економічної науки. Все більше дослідників схиляються до думки, що глобальних економічних криз можна в майбутньому уникнути, якщо використовувати фізичні підходи до моделювання економічних процесів, змінивши при цьому систему мислення економістів і їх підготовку. Вся річ у тому, що класична економіка побудована на дуже сильних припущеннях, які швидко стають аксіомами: «невидима рука ринку», раціональність поведінки економічних агентів, гіпотеза ефективного ринку і т.п. Фізики ж відносяться до різних аксіом і моделей з певною часткою скепсису. Якщо експеримент не узгоджується з запропонованою моделлю, то її необхідно або виправити, або взагалі відки-

нути, якою б красивою і математично вишуканою вона не була. Подібний підхід практично не використовується в економіці, де всі моделі утвердились як незаперечні істини.

Аналогічну позицію займають відомі фізики, які плідно працюють у галузі економіко-математичного моделювання – Д.Фармер і М.Бучанан. Роботи останнього періоду з питань моделювання кризових явищ дали їм підстави стверджувати, що однією з найбільш плідних є технологія агентно-орієнтованого моделювання. У цьому випадку ринок представляється у вигляді сукупності активних агентів, які мають набір гнучких стратегій, зорієнтованих на виконання певних дій. Такий підхід дозволяє одержати кількісні результати так би мовити «із перших принципів», закладаючи у модель мінімум невідомих параметрів.

Ініціатива Дж.Сороса підштовхнула Євросоюз до активізації робіт у галузі міждисциплінарного напрямку дослідження фінансових систем. Сьогодні така діяльність координується у рамках проекту FutureICT. Це, можливо, один з наймасштабніших комп'ютерних проєктів, що коли-небудь робилися людиною. Група учених з різних країн має намір створити симулятор, здатний відтворювати все, що відбувається на Землі, - від погоди і епідемій до міжнародних фінансових розрахунків і заторів на дорогах Бірмінгема. Він отримав назву "Симулятор Живой Землі" (Living Earth Simulator), цей проєкт покликаний допомогти ученим зрозуміти, що відбувається на нашій планеті, як поведінка людини впливає на розвиток суспільства, і яким чином формується навколишній нас світ. За аналогією з Великим адронним колайдером - прискорювачем елементарних часток, - потрібний «прискорювач знань», який дозволить зіштовхувати між собою не елементарні частки, а різні області знання.

Монографія є колективною науковою працею українських та зарубіжних вчених в області математичного моделювання економіки на засадах міждисциплінарного підходу.

Від імені авторів висловлюю щиро вдячність рецензентам д.е.н., професорам Клебановій Т.С., Черняку О.І. та Іванову М.М., чий критичні зауваження суттєво покращили як структуру так і зміст монографії.

*Редактор,
зав. каф. економічної кібернетики
Черкаського національного університету
імені Богдана Хмельницького
д.ф.-м.н., проф. Соловійов В.М.*

РОЗДІЛ I. МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНОЇ ФІНАНСОВОЇ КРИЗИ

MULTISCALING OF INFORMATION COMPLEXITY MEASURES

A.Kiv

Ben-Gurion University of the Negev,

V. Soloviev

Cherkasy National University named after Bogdan Khmelnytsky,

K. Solovieva

Kyryvyi Rih National University

Abstract

The features of the complexity concept in social and economic systems. It is shown that the economic paradigm of complexity theory is an alternative in volatile dynamics of the global economy. Information and multiscale measures of complexity are used to analyze comparative dynamic complexity of systems in the current global financial crisis.

Key words: complex systems, algorithmic complexity, Lempel-Ziv estimation, multiscaling, multiscale entropy

Introduction. In the time of globalization life becomes more complex and unpredictable. Chaos, order, and self-organization both in nature and society emerge according to the laws of complex dynamic systems. Complex dynamic systems are already successfully investigated in natural and technical sciences, starting from atomic and molecule systems in physics and chemistry to cellular organisms and ecologic systems in biology and neural networks studied by brain theories, social and computer networks. Nowadays the peculiarities of applying complex systems theory to economic and social sciences are widely discussed.

It is worth noting that complexity problems have started to attract significant attention at the end of the XX – the beginning of the XXI century. Outstanding natural scientists, Nobel prize laureates (I. Prigogine, M. Gell-Mann, P. Anderson) as well as mathematicians A. Kolmogorov, G. Chaitin, M. Li [1-6] have created a number of fundamental works in this field. Genius

American astrophysicist Stephen Hawking called 21st century a century of complexity.

There is no single definition of complexity of the system. Having announced the start of the new monograph series («Springer: Complexity. Understanding complex systems») in 2009, «Springer» has defined complexity in the following way: «Complex systems are the ones that consist of multiple interacting agents able to produce new qualities on the level of macroscopic collective behavior, which displays itself in spontaneous yet noticeable temporal spatial or functional structures» [7]. Apart from that, the following concepts and instruments have been developed: dynamic systems, nonlinear dynamics, instabilities, catastrophes, stochastic processes, determined chaos, self-organization, turbulence theory, graphs and networks, cellular automaton, adaptive systems, genetic algorithms, computer intellect etc.

2. Complexity economics. Complexity measures. For the past 10-15 years economic science has been going through the change of the dominant paradigm and, according to a lot of authoritative economists, both theorists and practitioners [8-13], still remains in a certain «bifurcation point», which will be left when it becomes qualitatively different. As noted by Eric Beinhocker we witness the transition «from traditional to the complexity economics»[13]. In many ways it is caused by the achievements in different fields of fundamental and applied sciences, which in the past three decades have disproved one of the major postulates of the classic economic theory stating rational behavior of economic agents.

Famous Ukrainian economist A. Galchinsky considers it to be the time of «... methodological renewal of economic theory – creative mastering of conceptual postulates of functioning and development created by applied sciences (physics and mathematics)» [10]. According to Galchinsky it is the methodology of complex systems that provides the basis for detailed consideration of the problem of inter-disciplinary connections of economic theory with other social and natural sciences, particularly the problem of scientific synthesis, which gains importance in modern scientific process [11].

There are different approaches to defining the specifics of complexity. All of them emphasize the complexity of structure, interdependence, and interaction of different components,

functioning within the system. «Complexity, - write M. Zgurovsky and N. Pankratova, - is a common quality of a single multitude of different objects, which are structurally interconnected, functionally interdependent and interact with each other...» [12].

It is important to take into account that changing the emphasis from simple to complex is not simply an establishment of a certain scientific paradigm. According to I. Prigogine it is about the scientific revolution in the investigation of modern world that don't restrain the perspective by «molecules, biological or social systems».

«Complexity economics» has not become a fully distinguished scientific discipline – it is more of a field of interdisciplinary research including aspects of behavioral economics, imitational modeling, chaos theory as well as ideas, derived from physics, biology, anthropology, cognitive psychology and other natural and humanity science disciplines.

Thus, the task implies the essential reconstruction of existing methodological mechanisms rather than correcting them. The aforementioned reconstruction causes deep breaches in the research methods, disabling current principles of scientific cognition: old methodological canons don't work anymore, while the new ones don't work yet - they have not been systematically formed. Essential challenges of modern scientific process, that cause critical events in the field of scientific research, including economic analysis theory, have to be considered in the corresponding context. Complex system methodology contains wide potential abilities to solve them.

Since modeling processes and using quantitative methods in economics imply measuring procedures, it is important to pay certain attention to complexity measures. I. Prigogine states that the notions of simplicity and complexity become relative in the pluralism of description languages [4], which causes multiple approaches to quantitative description of the idea of the complexity phenomenon. Therefore we proceed with the investigation of evident systems complexity using modern methods of quantitative analysis.

In this work we consider two of the most popular information complexity measures: Kolmogorov complexity and one of the entropies, particularly the sample entropy. Let us also investigate

the change of the afore-mentioned measures on different time scales.

Test signals of different nature and complexity as well as stock indices of developed countries (German index DAX and the US one S&P 500 – <http://finance.yahoo.com>) and Ukraine (Ukraine’s Stock Exchange index UX – www.ux.ua) have been chosen as research objects.

3. Information complexity measures. The most well-known and simple of information measures is the Kolmogorov complexity. The notion of Kolmogorov complexity has appeared in 1960s at the turn of algorithm, information and probability theories.

The A. Kolmogorov’s idea [14], implied that to measure the amount of information in individual finite objects (not in random quantities as it was in Shannon’s information theory). It turned out to be possible (although only with limited accuracy). Kolmogorov proposed to measure the amount of information in finite objects using the algorithm theory, defining object complexity as the minimal length of the program that generates this object. This definition became the basis of the algorithmic information theory as well as algorithmic probability theory: the object is considered to be random if it’s complexity is close to maximal.

Therefore, according to Kolmogorov, object (e.g. a text – a symbol sequence) complexity is the length of the minimal program which outputs this text, and entropy is complexity divided by the length of this text. Unfortunately, this definition is purely theoretical. There is no precise way to define this program. However there are algorithms that actually attempt to calculate Kolmogorov complexity and entropy.

4. Evaluating Kolmogorov complexity using the Lempel-Ziv scheme. A. Lempel and J. Ziv suggested the following scheme of division words into sub-words. Indicate with x_l^r the word, consisting of letters of the word $x = a_{i_1} \dots a_{i_n}$, starting from l and finishing with r , i.e. $x_l^r = a_{i_l} \dots a_{i_r}$. Let us divide the word $x_1^n \in A^n$ into sub-words $\sigma_i, i = 1, \dots, m$ according to the following rule. Let the beginning of the word x_1^n be already divided into sub-words, i.e. be a concatenation of the sub-words $\sigma_1 \sigma_2 \dots \sigma_{i-1}$ and

$x_1^n = \sigma_1 \dots \sigma_{i-1} x_{l_i}^n$. We choose the following sub-word $\sigma_i = x_{l_i}^{l_{i+1}-1}$ so that the word $x_{l_i}^{l_{i+1}-2}$ is the longest prefix of the word $x_{l_i}^n$ and is included into it as the sub-word in the word $x_{l_i}^{l_{i+1}-3}$, i.e. $\sigma_i = x_{l_i-d_i}^{l_{i+1}-d_i-2} a_{j_i}$, where $d_i \leq l_i$. Every sub-word σ_i is defined by three numbers $(d_i, l_{i+1} - l_i, j_i)$.

For example, the word `al1a2a2a1a2a1a1a2a1a2a1a2` can be divided into sub-words `a1`, `a2a2a1`, `a2a1a1`, `a2a1a2a1a2` and coded by the sequence of number triplets $(1, 1, 1)$, $(2, 1, 2)$, $(1, 2, 1)$, $(2, 3, 1)$, $(4, 5, 2)$.

The Lempel-Ziv scheme generates the program P_{LZ} , which recreates the word from the sequence of triplets. In order to unambiguously divide binary codes of natural numbers, the first number of each triplet should be written as a binary using equally $\log l_i$ bits, the second one can be coded in the optional prefix code of natural numbers, writing down the third one requires only $\log |A|$ bits.

Let us determine the Lempel-Ziv complexity (LZC) for a time series of daily data of a stock market index. To research the LZC dynamics and compare it with other stock markets, we will calculate this complexity measure for a sub-sequence of a fixed size (window). To do this we will calculate logarithmic returns and turn them into a sequence of bits. We can give a number of differentiable states (number language). Therefore, for two different states we have 0, 1, for three – 0,1,2 etc. In case of three states, a certain b threshold is given (e.g. in points of standard deviation of normalized returns) and ret states are coded in the following manner:

$$ret = \begin{cases} 0, ret < -b \\ 1, -b \leq ret \leq b \\ 2, ret > b \end{cases}$$

The algorithm executes two operations:

- adds a new bit to the existing sequence;
- copies the previously formed sequence.

Algorithmic complexity is the number of such operations,

required to create a given sequence. In other words, Lempel-Ziv complexity measures the number of different sub-lines and the speed of them repeating during the original time series.

For a random series of the n length algorithmic complexity is calculated using the formula $LZC_r = n / \log(n)$. In that case relative algorithmic complexity is found as a relation of the received complexity to the random one: $LZC = LZC / LZC_r$.

On fig. 1a Lempel-Ziv algorithmic complexity is calculated for test signals: periodic function $\sin x$, white (wnoise) and flicker (fnoise) noises and a complex biological signal –ECG fragment (ECG).

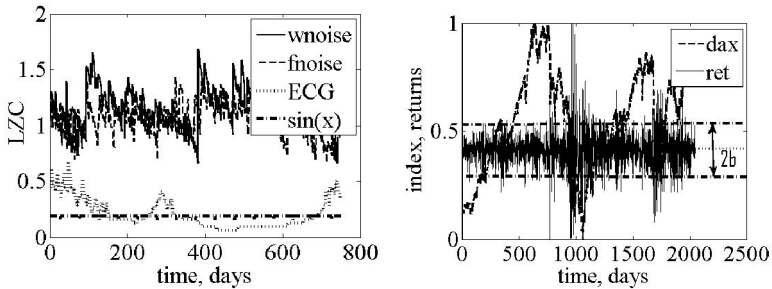


Fig. 1. a) Dynamics of algorithmic complexity for binary coded elements of different signal fragments of 1000 points, window size 250 points; b) relative dynamics of daily data of German stock index (dax) and normalized returns (ret), calculated to define the b parameter

In case of test signals and three states an evidently unnatural result is obtained: flicker and white noises depict the same level of complexity, while the complexity of an ECG-signal is almost the same as the one peculiar to a simple periodical signal. Obviously, periodic signal is the simplest one, the next being white noise and after that flicker noise. Biologic signal is also complex and contains correlations [8,9].

It is worth noting that Kolmogorov complexity rather measures the level of chaos in the system, leaving the «inner structures» of the object without any attention. Therefore, algorithmic complexity is unable to describe the complexity of real signals. Complex signals depict peculiar complexity on different spatial and temporal scales, that is have scale invariable characteristics [8], produce

power distribution laws [9], which are responsible for realization of the less expected events (crises, shocks etc.).

In order to overcome such difficulties multiscale and fractal methods which will be considered in the following chapter.

5. Multiscale entropy. In the practical realization of entropy calculations for noisy time series analysis an Approximate Entropy (ApEn) or Sample Entropy (SampEn) evaluation algorithm was used. Since the detailed descriptions of both algorithms can be found in [15], we will provide short notes as to the terms of their execution. Since SampEn is more accurate the following calculations will be conducted for it or on its basis.

The inputs for SampEn include a time series and two parameters, m and r . m characterizes the embedding dimension, while r is a threshold criterion which allows us to consider two arbitrary vectors as the same («filtering factor»). We consider the subsequences of time series elements S_N , consisting of m numbers, taken starting from number i , and called vectors $p_m(i)$.

For P_m of all vectors of m length it is possible to calculate:

$$C_{im}(r) = \frac{n_{im}(r)}{N - m + 1},$$

where $n_{im}(r)$ is the number of vectors in P_m , similar to vector $p_m(i)$ (taking into account the chosen similarity criterion r). $C_{im}(r)$ is a part of vectors of m length, similar to a vector of the same length with elements starting from number i . For this time series values $C_{im}(r)$ are calculated for every vector in P_m , as well as the mean value $C_m(r)$, which shows the distribution of similar vectors of m length in S_N . Approximate Entropy for time series S_N using vectors of m length and similarity criterion r are defined using the formula:

$$\text{SampEn}(S_N, m, r) = \ln \left(\frac{C_m(r)}{C_{m+1}(r)} \right),$$

that is, as a natural logarithm of vector of m length repeats relation to vectors of $m+1$ repeating.

Let us highlight that SampEn is functionally dependable on one

step of differentiation showing the level of uncertainty for the next count predicted with the process history. In other words, this kind of entropy describes the level of information loss on every next step. This is the reason why such parameters can be used to analyze events that are multiscale in their essence.

To overcome such difficulties it is suggested to use Multiscale Entropy Analysis (MSE), where SampEn is used as a measure of entropy on different scales of initial time series decomposition.

MSE includes two consequently executed procedures: 1) coarse graining of the initial time series – averaging the data on non-intersecting segments, which size (averaging size) was increased by one at each transition to the next scale; 2) calculating SampEn on every scale.

The coarse graining process implies averaging consequent series counts within non-intersecting windows, which size τ – increases at each transition to the next scale (fig. 2). Every element of the «grained» time series $y_j^{(\tau)}$ corresponds to the equation:

$$y_j^\tau = \frac{1}{\tau} \sum_{i=(j-1)\tau+1}^{j\tau} x_i, \quad 1 \leq j \leq N/\tau,$$

where τ characterizes the scale factor.

The length of every «granulated» series depends on the size of the window and equals N/τ . If the scale equals 1 «granulated» series is simply identical to the initial one. For each obtained «granulated» time series SampEn was calculated as the scale function.

As you can see on scale 1 SampEn is the highest for white noise. But starting from scales over 7-8, the ECG signal of a healthy person becomes the most complex. The stock market signal complexity is comparable to the complexity of a biological signal. For three states (fig. 3b) multiscale character of the entropy is evident in case of stock markets. In case of a shuffled series (sp sh) entropy quickly decreases, which is the evidence of the complexity loss.

On fig. 3 we can see the results of the MSE-analysis of different signals.

Let us introduce window complexity measures that are determined as a sum of LZC or MSEC values on all scales for each window (MSE Complexity)

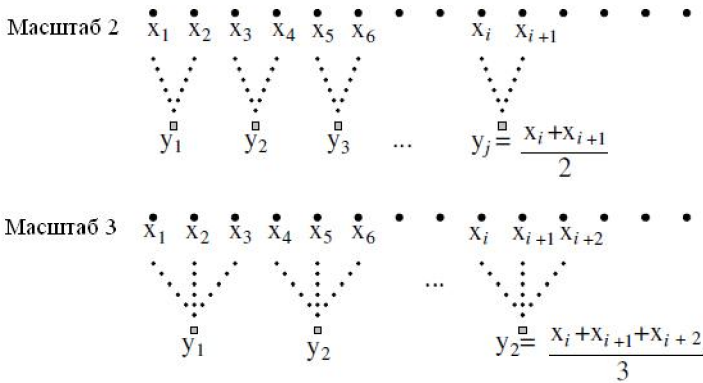


Fig.2. Schematic illustration of the coarse-graining process of initial time series for scales 2 and 3

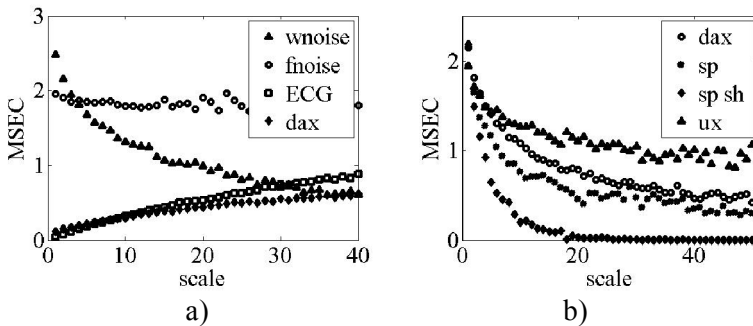


Fig. 3. a) Dependence of multiscale entropy on scale for binary coded signals; b) multiscale entropy dynamics for German (dax), US (sp) and Ukrainian (ux) stock indices

On figure 4 typical dependencies of multiscale complexity measures are displayed using DAX stock index data of 1992-2012.

As it is seen from fig. 3a, Lempel-Ziv complexity measure is characterized by rather low values during non-crisis periods. During pre-crisis periods, when the returns increase (volatility clusterization), LZC quickly rises as well. Multiscale MSEC measure, on the contrary, rises before crises and decreases during the crisis (fig. 3b). Apart from that, the introduced complexity measures: depict universal temporal behavior for different stock markets.

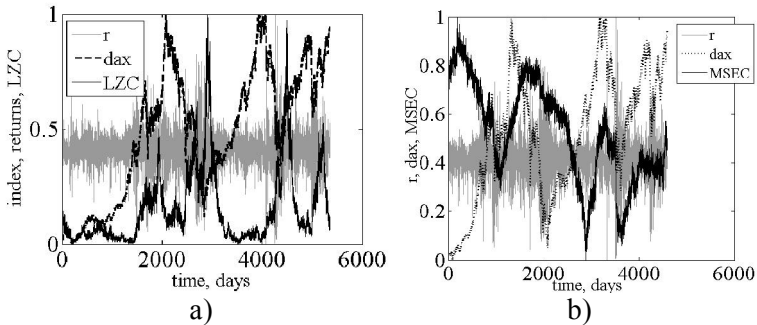


Fig. 4. Multiscale complexity measures in time: a) Lempel-Ziv; b) MSE. Window size equaled 500 days, step 1, maximal scale 20. The initial series (dax) and its returns (r) are also displayed

6. Conclusions and research perspectives. Thus, two new multiscale measures of economic complexity have been introduced and applied within the new paradigm – multiscale Lempel-Ziv measures and sample entropies. It is displayed that during crisis afore-mentioned measures change in a certain manner and are, therefore, possible to use as forerunning indicators of critical events.

Subsequent investigations will be directed at the formalization of complexity measures of network structures, which are the most common kind of a structural organization of complex socio-economic systems.

Literature:

1. Anderson P.W. More Is Different / P.W.Anderson // Science. - 1972. -V.177, No 4017.- P.393-396.
2. Gell-Mann M. What Is Complexity / M.Gell-Mann // Complexity. - 1995. -V.1, No 1.- P.16-18.
3. Prigojin I. Kost escho ne broshena [Electronniy resurs] Sayt S.P.Kurduymova «Sinergetika» Rejim dostupa: <http://spkurdyumov.narod.ru/pprigoj.htm>
4. Nikolis G., Prigojin I. Poznanie slojnogo. Vvedenie / G.Nokolis - M.: LKI, 2008.- 354 s.
5. Prigojin I. Konec opredelennosti. Vremya, haos i novie zakony prirody. / I Prigojin. – Ijevsk: NIC «Reguliarnaya I haoticheskaya dinamika», 2000.- 208 s.
6. Prigojin I. Ot suchestvuuchego k voznikayuchemu: Vremia

I slojnost v fizicheskikh naukah / I.Prigojin – Perevod s angl. Seriya "Sinergetika: ot proshlogo k buduchemu". Izd.3 URSS-2006. - 296 s.

7. Arshinov V.I. Sinergetika konvergiruet so slojnostyu / V.Arshinov // Voprosy filosofii, 2011, №4.-S.73-83.

8. Miguel M.S., Johnson J.H., Kertesz J. et.al. Challenges in Complex Systems Science [Electronniy resurs] – Rejim dostupa:: arXiv:1204.4928v1 [nlin.AO] 22 Apr 2012.

9. Newman M.E.J. Complex Systems: A Survey. [Electronniy resurs] – Rejim dostupa: arXiv:1112.1440v1 [cond-mat.stat-mech] 6 Dec 2011.

10. Galchinskiy A. Globalni transformacii. Konceptualni alternativi. Metodologichni aspekti / Anatoliy Galchinskiy – K.: Lybid, 2006.- 312 s.

11. Galchinskiy A. Metodologiya skladnih sistem / A.Galchinskiy // Ekonomika Ukrainy - 2007. - №8. –S.4-18.

12. Zgurovskiy M.Z. Sistemniy analiz. Problemy, metodologiya, prilogeniya / M.Z. Zgurovskiy, N.D. Pankratova. – Kiev: Naukova dumka, 2005. – 744 s.

13. Beinhocker E.D. The Origin of Wealth. Evolution, complexity, and the radical remaking of economics // Harvard Business School Press, Boston, Massachusetts.- 2006.- 527 p.

14. Uspenskiy V.A., Vereschagin N.K., Sen A. / V.A. Uspenskiy // Kolmogorovskaya slojnost I algoritmicheskaya sluchaynost. - M.:MCNMO, 2010. - 556 s.: il.

15. Pincus S.M. Approximate entropy as a measure of system complexity. / S.M.Pincus // Proc Natl Acad Sci USA. -1991.-V88.- P.2297-2301.

16. Costa M., Goldberger A.L., Peng C.-K. Multiscale entropy analysis of biological signals / M.Costa // Phys Rev E. – 2005.- V.71.- P.021906.

17. Derbencev V.D., Serdyuk O.A., Solovyov V.M., Sharapov O.D. Sinergetichni ta ekonofizichni metody doslidjennya dynamichnyh ta strukturnykh harakterystyk ekonomichnyh sistem – Cherkassy: Brama-Ukraina, 2010. – 300 s.

МОДЕЛЮВАННЯ КРЕДИТОСПРОМОЖНОСТІ ЮРИДИЧНИХ ОСІБ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ІНСТРУМЕНТАРІЮ ТЕОРІЇ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ¹

А. В. Матвійчук, О. В. Паламарчук
м. Київ, ДВНЗ «Київський національний
економічний університет імені Вадима Гетьмана»

Сьогодні у світі існує декілька загальноприйнятих підходів до аналізу кредитоспроможності юридичних осіб. Усі вони базуються на дослідженні фінансового стану підприємства-позичальника та врахуванні його кредитної історії. Аналіз фінансового стану зводиться зазвичай до використання дискримінантних та регресійних моделей. Він базується на фінансових даних і включає оперування кількісними показниками, такими як Z-коефіцієнт Альтмана [1]. Цей підхід набув широкого розповсюдження і був застосований для багатьох країн у різних роках в моделях Таффлера і Тішоу для Великобританії [2], Беєрмана для Німеччини [3], Давидової і Белікова для Росії [4], Терещенка [5], Черняка [6], Матвійчука [7] та дискримінантних моделей, затверджених постановою Правління Національного банку України від 25.01.2012 № 23 [8], для України та багато інших.

Проте порівняння даних, отриманих для ряду країн, показує, що вагові коефіцієнти в Z-згортці та граничні нормативи значно відрізняються не тільки залежно від країни, але й у залежності від року в межах однієї країни [5, 9, 10].

Класичні числові методи діагностування банкрутства, що базуються на роботі тільки із фінансовими показниками, не мають стійкості до варіацій у вихідних даних та не дозволяють ефективно опрацювати якісні показники. Відповідно, важливим стає врахування при аналізі ще експертно-аналітичної інформації, адже на результат рішення банку про надання або відмову у кредитуванні впливають також такі показники, як репутація підприємства, авторитет керівника фірми, його осо-

¹ Матеріали підготовлено в межах виконання робіт за кошти гранту Президента України для підтримки наукових досліджень молодих учених на 2012 рік у рамках проекту № GP/F44/027 "Інтелектуальна система раннього попередження банкрутств українських підприємств"

бисті якості, форма власності компанії тощо. Ці показники не завжди можна описати кількісно, тому виникає проблема інтерпретації та обробки неоднозначної, лінгвістично заданої інформації.

Ще один загальноприйнятий підхід до оцінювання можливості банкрутства, на зразок до методу Аргенті [11], базується на роботі з якісними показниками. Однак і цей підхід не позбавлений недоліків. Зокрема, проблеми використання такого підходу для аналізу ризику банкрутства обумовлені відсутністю загально визнаних вимірників того чи іншого якісного фактора і ці вимірники не пройшли класифікацію на предмет відхилення фактичних їхніх значень від деяких припустимих нормативів. Відповідно, подібний підхід характеризується значною часткою суб'єктивізму та не передбачає можливості оптимізації моделі на реальних даних.

Істотно підвищити ефективність аналізу фінансової спроможності позичальника можна шляхом поєднання кількісних (фінансових) і якісних (індикаторних) показників. Однак згадані підходи не надають аналітикам подібної можливості. Щоб уникнути цих обмежень Недосекінім було розроблено методологічний підхід до оцінювання ризику банкрутства підприємства на підґрунті теорії нечітких множин, що надає можливість здійснювати комплексну діагностику банкрутства на основі кількісних та якісних факторів [12]. Проте, цей метод, фактично, являє собою інтервальний аналіз, коли множини можливих значень всіх показників розбиваються на чітко встановлені інтервали. А елементи теорії нечітких множин використовуються лише для перетворення якісних показників у числову форму. Такий підхід позбавлений гнучкості та не дозволяє оптимізувати модель на основі ретроспективних даних.

Таким чином, аналіз існуючих методів аналізу кредитоспроможності та діагностики фінансового стану позичальника дозволяє зробити висновок щодо необхідності побудови низки адаптивних економіко-математичних моделей, в основу яких буде покладено інструментарій теорії нечіткої логіки, що дозволить уникнути зазначених вище обмежень. Цей інструментарій було обрано як математичне підґрунтя, оскільки він надає можливість формувати модель з урахуванням української специфіки ведення бізнесу, дозволяє використовувати експертні

знання з предметної області та не накладає обмежень на характер вхідної інформації, забезпечуючи водночас можливість налаштування параметрів моделі на реальних показниках діяльності сумлінних кредиторів та підприємств, що не виконують взяті на себе зобов'язання, враховуючи при цьому дані про попередні фінансові операції, доступні банкам.

Відповідно, метою цього дослідження є розробка на базі інструментарію нечіткої логіки економіко-математичної моделі аналізу кредитоспроможності та виявлення на ранній стадії фінансових проблем українських підприємств, що надасть інструмент керівництву банків та інших кредитних установ для обґрунтування прийняття ефективних рішень в напрямку уникнення зайвого ризику, що сприятиме підвищенню стабільності та збалансованості економіки країни в цілому.

Процес побудови економіко-математичної моделі аналізу кредитоспроможності позичальника-юридичної особи складається з таких основних етапів.

Етап 1. Відбір показників оцінки кредитоспроможності. В результаті проведеного аналізу 49 фінансових звітів (форма 1 та форма 2) діяльності підприємств України, 25 з яких не виконали фінансові зобов'язання після декларування своїх фінансових результатів, а 24 – продовжували стабільно працювати, було відібрано 7 найбільш інформативних коефіцієнтів, на основі яких буде прийматися рішення щодо надання чи ненадання кредиту позичальнику-юридичній особі, які зведемо до таблиці 1.

Етап 2. Формування лінгвістичних змінних. Для побудови моделі на нечіткій логіці скористаємося трьома лінгвістичними термами для кожної змінної, для яких в наявній статистиці можна виділити три більш-менш чіткі зони можливих значень. Для таких показників формується єдина шкала з трьох якісних термів: L - низький рівень, M - середній рівень, H - високий рівень показника. Якщо ж реальні значення вхідного показника більш адекватно групуються за двома класами з однією лінією поділу між ними, то його лінгвістичну оцінку здійснюємо за допомогою двох термів: L - низький рівень та H - високий рівень показника.

У результаті аналізу наявної статистичної бази зону можливих значень коефіцієнта оборотності кредиторської заборго-

ваності X_1 було вирішено поділити на три рівні, причому розмежування між термами L і M поставити на рівні 0,8, а між термами M і Н – на рівні 2,2. Для коефіцієнта оборотності оборотних активів X_2 було встановлено дві досить відокремлені зони, межа між якими була визначена на рівні 1,5. Для коефіцієнтів оборотності власного капіталу X_3 і фінансового ризику X_4 дані межі встановлено на рівні 0,6 і 1,7 та 0,6 і 1,95, відповідно. Для коефіцієнта концентрації залученого капіталу X_5 – на рівні 0,8 і 1,6. Коефіцієнт покриття боргів власним капіталом X_6 в якості цих меж має значення 0,18 і 0,55, а коефіцієнт окупності активів X_7 поділяється на дві окремі підмножини з рівнем поділу між ними 1,2.

Таблиця 1

Показники оцінки рівня кредитоспроможності

| Позначення | Коефіцієнт | Значення, що вказують на потенційного банкрута | Невизначений стан | Значення, що вказують на стабільний стан позичальника |
|------------|------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------------------------------|
| X_1 | оборотності кредиторської заборгованості | Нижче 0,8 | 0,8-2,2 | Вище 2,2 |
| X_2 | оборотності оборотних активів | Нижче 1,5 | - | 1,5 і вище |
| X_3 | оборотності власного капіталу | Нижче 0,6 | 0,6-1,7 | Вище 1,7 |
| X_4 | фінансового ризику | Нижче 0,6 | 0,6-1,95 | Вище 1,95 |
| X_5 | концентрації залученого капіталу | Вище 1,6 | 0,8-1,6 | Нижче 0,5 |
| X_6 | покриття боргів власним капіталом | Нижче 0,18 | 0,18-0,55 | Вище 0,55 |
| X_7 | окупності активів | Вище 1,2 | - | 1,2 і нижче |

Причому, належність показника до однієї із встановлених для нього зон певним чином свідчить про рівень фінансового стану компанії. Тобто, для більшості підприємств, що збанкрутували через деякий час після декларування своєї фінансової звітності, показник X_1 приймав значення менше 0,8, а для стабільних підприємств – більше 2,2. Значення цього показника в інтервалі між 0,8 та 2,2 в рівній мірі мали як підприємства, що збанкрутували, так і стабільні. Зазначені рівні розмежування

для різних термів всіх показників із їх характеристикою впливу на рівень можливості банкрутства підприємства зведені в табл. 1.

Для оцінки значень вихідної лінгвістичної змінної Z , що вказує на рівень кредитоспроможності позичальника, будемо використовувати терми: L , що характеризує високий ступінь ризику банкрутства, а отже, і низьку кредитоспроможність (за його появи приймається рішення не видавати кредит); H , що свідчить про високу кредитоспроможність позичальника і вказує на доцільність видавати кредит.

Етап 3. Побудова функцій належності. Нечіткі описи в структурі методу фінансово-економічного аналізу з'являються у зв'язку з невизначеністю експерта, яка виникає в ході різного роду класифікацій, наприклад, коли експерт не може чітко розмежувати значення середнього та високого рівня деякого параметру. В такому випадку варто побудувати функції належності всіх нечітких термів як вхідних, так і вихідних змінних, щоб отримати можливість виконувати адекватну класифікацію рівнів усіх показників.

При формуванні функцій належності моделі скористаємось функцією Гауса, основними перевагами якої є, по-перше, простота (оскільки її вид визначається лише двома параметрами), а по-друге, зручність налаштування цих параметрів, оскільки функція має досить просту похідну. Також ця функція не спадає прямо до нуля, лише асимптотично наближуючись до нього, що надає додаткові переваги при розрахунку значень результуючого показника в моделях на нечіткій логіці [9].

При побудові функцій належності всіх вхідних змінних скористаємось даними табл. 1. Таким чином, функції належності коефіцієнта оборотності кредиторської заборгованості до трьох лінгвістичних термів L – низький, M – середній, H – високий набудуть вигляду, що представлено на рис. 1. Функції належності всіх інших змінних утворюються аналогічно. Результуюча змінна буде представлена двома термами L та H із центрами функцій належності у точках 0 та 1, які перетинаються на рівні 0,5.

Етап 4. Формулювання набору правил. Експертна система на базі нечітких знань повинна містити механізм прийняття рішень, який би надав можливість робити висновок про рівень кредитоспроможності позичальника. Наприклад, підприємство

характеризується високим ризиком банкрутства, а отже, і низькою кредитоспроможністю ($Z = "L"$) в тому випадку, якщо для нього коефіцієнти оборотності кредиторської заборгованості, оборотності оборотних активів, оборотності власного капіталу, фінансового ризику та покриття боргів власним капіталом мають низькі значення (можуть інтерпретуватися термом "L"), при цьому коефіцієнти концентрації залученого капіталу і окупності активів високі (що характеризуються термом "H"). Подібна комбінація значень фінансових коефіцієнтів, яка характеризує низьку кредитоспроможність підприємства, розписана в першому рядку відповідної бази знань, що наведено в табл. 2. Подібним чином формуються й інші правила оцінки рівня кредитоспроможності, які зведено в табл. 2.

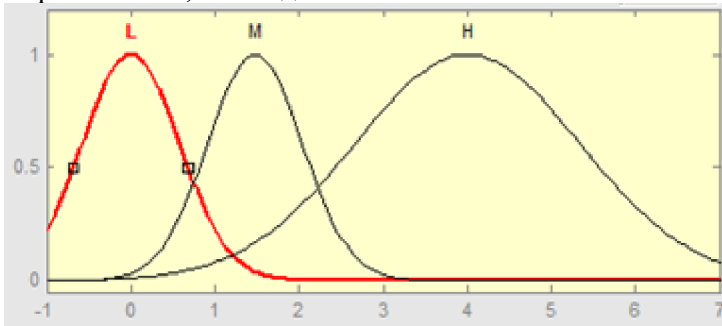


Рис. 1. Функції належності лінгвістичної змінної X_1

Представимо за допомогою функцій належності та вагових коефіцієнтів аналітичну форму запису правил прийняття рішень з табл. 2 щодо низького ризику банкрутства, а отже, і високої кредитоспроможності H компанії:

$$\begin{aligned} \mu^H(X_1, \dots, X_7) = & w_1^H [\mu^H(X_1) \cdot \mu^H(X_2) \cdot \mu^H(X_3) \cdot \mu^H(X_4) \cdot \\ & \cdot \mu^L(X_5) \cdot \mu^H(X_6) \cdot \mu^L(X_7)] \vee w_2^H [\mu^H(X_1) \cdot \mu^H(X_3) \cdot \mu^M(X_4) \cdot \\ & \cdot \mu^L(X_5) \cdot \mu^M(X_6) \cdot \mu^H(X_7)] \vee w_3^H [\mu^M(X_1) \cdot \mu^H(X_2) \cdot \\ & \cdot \mu^H(X_3) \cdot \mu^H(X_4) \cdot \mu^M(X_5) \cdot \mu^H(X_6)] \end{aligned} \quad (1)$$

де $\mu^d(X_1, \dots, X_N)$ - функція належності вектора вхідних змінних X_i , $i = \overline{1, N}$, j -му значенню вихідної змінної Z (лінгвістичному терму з множини $d_j \in \{L, H\}$);

N - кількість вхідних факторів (в даній задачі $N = 7$);

$\mu^{a_i^{jp}}(X_i)$ - функція належності вхідної змінної X_i лінгвістичному терму a_i^{jp} , $j = \overline{1, m}$, $i = \overline{1, N}$, $p = \overline{1, k_j}$;

$w_p^{d_j}$ - вага p -го правила серед тих, що відповідають терму d_j вихідної змінної;

m - кількість значень вихідної змінної Z (в цій задачі $m=2$);

k_j - кількість правил у базі знань, відповідних j -му терму вихідної змінної Z (в даній задачі $k_1 = k_2 = 3$).

Таблиця 2

База знань для визначення кредитоспроможності компанії

| Лінгвістичні значення вхідних показників | | | | | | | Вага правила | Вихідна змінна |
|------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|----------------|
| X_1 | X_2 | X_3 | X_4 | X_5 | X_6 | X_7 | w | Z |
| L | L | L | L | H | L | H | w_1^L | L |
| L | none | L | M | H | M | L | w_2^L | L |
| M | L | M | L | H | L | none | w_3^L | L |
| H | H | H | H | L | H | L | w_1^H | H |
| H | none | H | M | L | M | H | w_2^H | H |
| M | H | H | H | M | H | none | w_3^H | H |

Етап 5. Оптимізація моделі на реальних даних. Перед проведенням оцінки фінансового стану підприємства доцільно провести настройку моделі на даних збанкрутілих компаній і фінансово-стійких підприємств. З метою проведення оптимізації моделі можна скористатися алгоритмом зворотного поширення помилки, адаптованого для моделей на нечіткій логіці, або генетичними алгоритмами [13]. В принципі, навчання економіко-математичної моделі не є обов'язковим, оскільки за наявності базових правил модель вже може видавати рішення для будь-яких контрольованих параметрів і їх значень. Тим не менш, якщо провести настройку параметрів моделі на існуючому статистичному матеріалі, то якість її логічного висновку можна істотно підвищити.

В якості статистичного матеріалу використовувалися дані

як вже збанкрутілих фірм, так і стабільних компаній. Що стосується вже збанкрутілих підприємств, то аналіз їх показників здійснювався в різні проміжки часу, які залишалися до банкрутства. Це робилося з тієї причини, що різні компанії показують ознаки неплатоспроможності задовго до реальних фінансових проблем і банкрутства. І чим раніше з'являється можливість розпізнати небезпеку і вжити відповідних заходів, тим більше буде для кредитної організації шансів уникнути зайвих втрат у зв'язку з неповерненням кредиту.

Етап 6. Прийняття рішення. Остаточне рішення моделі вибирається таке, для якого функція належності вихідної змінної Z найбільша для заданих значень контрольованих параметрів $X_i, i=\overline{1, N}$:

$$Z = \arg \max_{j=1, m} \left[\mu^{d_j} (X_1, \dots, X_N) \right]. \quad (2)$$

Оскільки значення функцій належності вихідної змінної по кожному правилу розраховуються як добуток функцій належності всіх вхідних змінних, а для визначення терму результативного показника Z застосовується операція максимізації виходу серед усіх правил, то вихідну змінну моделі будемо розраховувати в загальному вигляді за функцією:

$$Z = \arg \max_{p=1, k, j=1, m} \left\{ w_p^{d_j} \prod_{i=1}^N \mu^{a_i^{j p}} (X_i) \right\}. \quad (3)$$

Після побудови моделі і проведення її налаштування модель можна використовувати для оцінки кредитоспроможності підприємства Z на основі показників $X_i, i=\overline{1, N}$.

Результатом застосування подібної моделі є не тільки лінгвістичний опис ризику банкрутства, але також ступінь впевненості в правильності класифікації, що визначається із застосуванням операції дефазифікації результуючої змінної. Тим самим висновок про ступінь ризику банкрутства підприємства набуває не тільки лінгвістичну форму, але і характеристику якості отриманих тверджень.

Побудована модель була реалізована в середовищі Matlab. В результаті проведення модельних експериментів точність передбачення банкрутств серед фінансово неспроможних компаній склала 89%, точність класифікації фінансово стійких

підприємств дорівнює 68%, що по всій групі аналізованих підприємств склало 77,8%, що можна бачити з рис. 3.

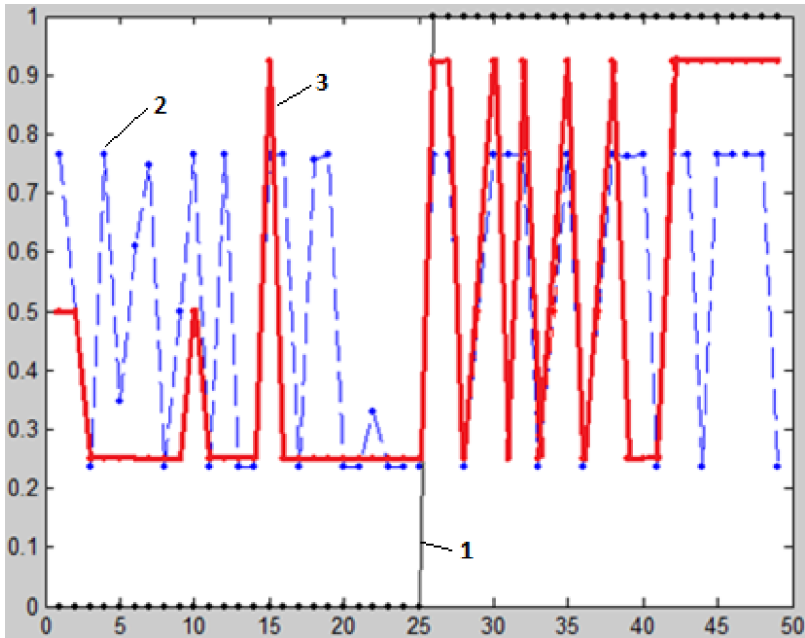


Рис. 3. Результат моделювання в середовищі Matlab (лінія 1 – реальні значення результативного показника для аналізованих підприємств; лінія 2 – результат моделювання до настройки моделі; лінія 3 – результат моделювання після оптимізації параметрів моделі на реальних даних)

При проведенні експериментів були оптимізовані параметри системи і уточнена база вирішальних правил, а також підтверджена можливість побудови ефективної нечіткої моделі на основі відібраних показників. Як можна бачити з рис. 3, до настройки системи майже кожне друге підприємство серед потенційних банкрутів було діагностовано як стабільне, а після настройки – лише 1 банкрут з 25 був прийнятий за стабільне підприємство. Разом з тим, 7 стабільних підприємств було діагностовано моделлю як потенційні банкрути, хоча до оптимізації моделі їх було 6.

Зауважимо, що можна регулювати підозрілість моделі на нечіткій логіці. Але, із зменшенням альфа-помилки класифікації (визначення підприємства-потенційного банкрута як фі-

нансово-стабільної компанії) одночасно збільшується бета-помилка (діагностування стабільної компанії як потенційного банкрута). Разом з тим, низьке значення альфа-помилки класифікації можна віднести до позитивних характеристик результатів роботи моделі, навіть незважаючи на досить велику бета-помилку. Це свідчить про можливість недоотримання прибутку від деяких помилково-класифікованих стабільних компаній, але у кредитора є можливість отримати цей же прибуток від інших вкладів (навіть від кредитування інших коректно визначених стійких підприємств). Проте він не зазнає значних збитків від надання кредиту потенційним банкрутам (моделювання на реальних даних показало, що лише кожен 25-й кредит може зазнати неповернення).

Висновки. Побудована економіко-математична модель на нечіткій логіці показала достатньо високу точність діагностування можливості банкрутства вітчизняних підприємств та може бути використана як ефективний інструментарій для виявлення ризикових позичальників, що дозволить мінімізувати ризик неповернення кредитів та в результаті підвищити стійкість фінансової системи загалом.

Модель може бути застосована в комерційних банках з метою оцінки кредитоспроможності позичальників-юридичних осіб як в якості основної програми, так і доцільного додатку до вже існуючих, якими керуються комерційні банки України при прийнятті рішення щодо видачі кредитів юридичним особам.

Список використаної літератури:

1. Altman E. I. Financial Ratios, Discriminant Analysis and the Prediction of Corporate Bankruptcy // The Journal of Finance.– 1968.– No. 4.– P. 589-609.
2. Toffler R., Tishaw H. Going, going, gone – four factors which predict // Accountancy.– 1977.– March.– P. 50-54.
3. Beermann K. Prognosemöglichkeiten von Kapitalverlusten mit Hilfe von Jahresabschlüssen // Schriftenreihe des Instituts für Revisionswesen der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster.– 1976.– Düsseldorf.– Band 11.– S. 118-121.
4. Давыдова Г. В., Беликов А. Ю. Методика количественной оценки риска банкротства предприятий // Управление риском.– 1999.– № 3.– С. 13-20.

5. Терещенко О. О. Антикризове фінансове управління на підприємстві.– К.: КНЕУ, 2004.– 268 с.
6. Черняк О. І., Креківський В. О., Монаков В. О., Ящук Д. В. Виявлення ознак неплатоспроможності підприємства та можливого його банкрутства // Статистика України.– 2003.– № 4.– С. 87-94.
7. Матвійчук А. В. Дискримінантна модель оцінки ймовірності банкрутства // Моделювання та інформаційні системи в економіці.– К.: КНЕУ, 2006.– Вип. 74.– С. 299-314.
8. Постанова Правління Національного банку України від 25 січня 2012 року № 23 «Про затвердження Положення про порядок формування та використання банками України резервів для відшкодування можливих втрат за активними банківськими операціями».
9. Матвійчук А. В. Штучний інтелект в економіці: нейронні мережі, нечітка логіка : Монографія. – К.: КНЕУ, 2011. – 439 с.
10. Матвійчук А. В. Моделювання фінансової стійкості підприємств із застосуванням теорій нечіткої логіки, нейронних мереж і дискримінантного аналізу // Вісник НАН України. – 2010. – № 9. – С. 24 – 46.
11. Эйтингон В., Анохин С. Прогнозирование банкротства: основные методики и проблемы. – [Електронний ресурс]: <http://www.iteam.ru/articles.php?tid=2&pid=1&sid=&id=141>.
12. Недосекин А. О. Нечетко-множественный анализ рисков фондовых инвестиций.– СПб.: Сезам, 2002.– 181 с.
13. Ротштейн А. П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети.– Винница: Універсум-Вінниця, 1999.– 320 с.

АГЕНТНО-ДИНАМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ОГРАНИЧЕННЫМИ РЕСУРСАМИ

Е.С.Якуб, Е.А.Калашникова, К.Г.Васильченко
г. Одесса, Одесский национальный экономический
университет

Агентный метод моделирования находит в последние десятилетия все большее применение в самых разных областях исследований [1]. Наиболее перспективным направлением в агентном моделировании (АМ) является использование т.н. гибридных моделей, в которых агенты действуют на фоне окружения, имитируемого неагентными средствами, например, в рамках агентно-динамического похода [2]. Современные средства компьютерного моделирования [3] поддерживают АМ в сочетании с системной динамикой и другими подходами, что дает возможность разрабатывать эффективные гибридные модели сложных, в т.ч. экономических, систем.

Целью данной работы является обсуждение новых возможностей, которые открываются в АМ при использовании гибридных модельных архитектур. Изложены основные положения агентно-динамического моделирования (АДМ) [2] и приводятся примеры его реализации в среде AnyLogic [3].

Идея сочетания классической модели расширяющейся экономики фон Неймана [4] с АМ, лежащая в основе АДМ, позволяет строить гибридные модели, дающие возможность исправить известные недостатки классической модели фон Неймана и применить ее к решению многих реальных задач.

В современных матричных обозначениях динамическая модель фон Неймана [4], в которой сбалансированная экономика представляется m процессами, производящими и потребляющими n продуктов, сводится к двум фундаментальным балансовым уравнениям в дискретном времени:

$$y(t)\mathbf{A}x(t+1) = y(t)\mathbf{B}x(t), \quad (1)$$

$$y(t+1)\mathbf{B}x(t) = y(t)\mathbf{A}x(t). \quad (2)$$

Здесь $\mathbf{x} = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ – вектор интенсивностей процессов, а $\mathbf{y} = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$ – вектор цен на производимые ими продукты в текущем периоде, \mathbf{A} и \mathbf{B} – матрицы потребления и выпуска

продуктов процессами [4].

Уравнение (1) представляет собой общее условие материального баланса (выпуск текущего периода потребляется в следующем), а уравнение (2) есть уравнение финансового баланса (затраты текущего периода возмещаются в следующем).

Модель фон Неймана – предельно общая модель замкнутой сбалансированной экономики и не содержит каких-либо допущений о движущих силах экономики (способе производства и обмена, мотивах и предпочтениях, в конечном счете, определяющих поведение отдельных субъектов экономики). Поэтому уравнения динамики *отдельных процессов* и изменения цен на *отдельные продукты* не могут быть выделены и однозначно определены из балансовых уравнений фон Неймана.

Одним из наиболее существенных недостатков модели фон Неймана является то, что она фактически построена для плановой экономики и в ней не учитывается ограниченность ресурсов (производственных мощностей, трудовых ресурсов, емкости рынка и т.д.) существующая в реальной рыночной экономике. В рамках АДМ все эти недостатки могут быть преодолены введением различных типов агентов (A-Owner, A-Worker и т.д.), взаимодействующих как друг с другом, так и с динамическими неймановскими процессами. В рамках АДМ могут быть исследованы также многие социально-экономические проблемы [5]. Ниже изложены основные положения АДМ и приведены примеры, иллюстрирующие его возможности.

1.Агентно-динамический подход

Агентно-динамический подход связывает на макро-уровне неймановскую экономическую динамику с микроэкономической динамикой *отдельных процессов* и цен на *отдельные продукты*. Для этого система уравнений (1) - (2) заменяется на несколько более общую, записываемую отдельно для каждого процесса и каждого продукта таким образом, чтоб их решения по-прежнему удовлетворяли балансовым уравнениям (1) и (2).

На рис.1. представлена общая схема АДМ экономики. Здесь показано соответствие между неймановскими процессами и агентами A-Owner, A-Worker и A-State (государство).

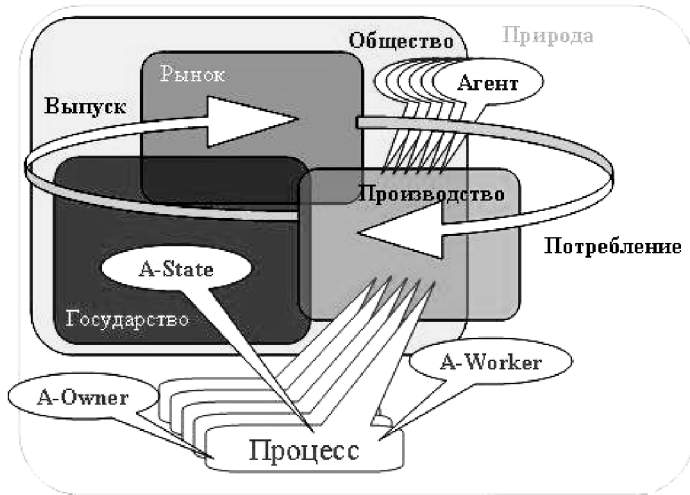


Рис.1. Агентно-динамическая модель экономики.

Математическая формулировка АДМ в дискретном времени включает уравнения для изменений интенсивности **отдельных процессов** ($j=1, \dots, m$):

$$\frac{\Delta x_j}{x_j} = \varepsilon \sum_{i=1}^n \delta_{ij} \alpha_i + (1 - \varepsilon) \beta_j \quad (3)$$

и уравнения динамики приращения цены на каждый **продукт** ($i=1, 2, \dots, n$):

$$\frac{\Delta y_i}{y_i} = \sigma \sum_{j=1}^m \frac{\gamma_{ij}}{\beta_j} + (1 - \sigma) \frac{1}{\alpha_i} \quad (4)$$

Здесь введены обозначения для изменения выпуска i -го продукта α_i :

$$\alpha_i = \sum_{k=1}^m b_{ik} x_k \left/ \sum_{k=1}^m a_{ik} x_k - 1 \right.; \quad (5)$$

фактора β_j прибыльности j -го процесса:

$$\beta_j = \sum_{k=1}^n y_k b_{kj} \left/ \sum_{k=1}^n y_k a_{kj} - 1 \right.; \quad (6)$$

доли k -го процесса в выпуске i -го продукта:

$$\gamma_{ik} = b_{ik} x_k \left/ \sum_{k=1}^m b_{ik} x_k \right.; \quad (7)$$

и доли потребления k -го продукта j -м процессом:

$$\delta_{kj} = y_k a_{kj} / \sum_{k=1}^n y_k a_{kj}, \quad (8)$$

а также два параметра модели: ε и σ .

Заметим, что приращения интенсивностей процессов $\Delta x_j = x_j(t+1) - x_j(t)$ и изменения цен $\Delta y_i = y_i(t+1) - y_i(t)$ в следующем периоде по отношению к предыдущему, вычисленные согласно уравнениям АДМ (3) и (4), будучи подставлены в балансовые уравнения фон Неймана (1) и (2) с учетом определений (5)-(8) обращают их в тождества при любых значениях параметров ε и σ .

Рассмотрим подробнее смысл этих параметров. Темп изменения интенсивности j -го процесса при стремлении к нулю параметра ε в уравнении (3) стремится к фактору его прибыльности β_j (6). Когда же фактор ε стремится к единице, то темп изменения интенсивности стремится к средневзвешенной по доле потребляемых продуктов величине темпов изменения их выпуска. Таким образом, параметр ε в уравнении (3), изменяясь в пределах $0 < \varepsilon < 1$, характеризует экономическую политику (маркетинговую стратегию), которая всегда учитывает два фактора – прибыльность производства и перспективность выпускаемого продукта.

Темп изменения цены i -го продукта, согласно уравнению (4), также определяется факторами α_i (5) и β_j (6), однако он обратно пропорционален каждому из них. При стремлении параметра σ в уравнении (4) к нулю цена на i -й продукт падает с темпом, обратно пропорциональным темпу изменения выпуска этого продукта, при стремлении параметра σ к единице, темп изменения цены на i -й продукт становится равным средневзвешенной (по всем вовлеченным в его производство процессам) обратной величине их прибыльности.

Таким образом, параметр σ характеризует общую для всей экономики политику формирования цен. С ростом σ от нуля до единицы ценовая политика становится в большей мере рыночной, т.е. ориентированной на прибыль, и менее экспансионистской.

2. Реализация АДМ в среде AnyLogic

Первая версия системы АДМ «ECO-Dynamics» была разработана на языке C++ в системе Visual Studio [2]. Она показала

принципиальную возможность реализации преимуществ сочетания агентного подхода с теоретической моделью экономики. Первый шаг в этом направлении был связан с включением агентов типа A-Owner, которые управляли параметрами σ и ε , добиваясь финансовой сбалансированности каждого процесса и рентабельности каждого выпускаемого продукта.

Чтобы объединить преимущества АДМ с возможностями среды AnyLogic, система «ЕСО-Dynamics» была портирована на платформу AnyLogic. Ниже приводятся результаты тестирования новой системы на задаче принятия решения о реализации инвестиционных проектов агентами A-Owners, которые управляют неймановскими процессами.

В отличие от оригинальной модели [4] производственные мощности каждого процесса считаются ограниченными некоторой предельной интенсивностью x_j^{max} . По мере роста интенсивности j -го процесса и приближения ее к максимальной агент-владелец процесса в зависимости от его маркетинговой стратегии принимает (или не принимает) решение об инвестировании с целью расширения производства (увеличения предельной интенсивности).

При этом рост интенсивности процесса продолжается, но затраты, связанные с инвестицией, приводят к дополнительному изменению цен на выпускаемые продукты.

Это иллюстрируется рисунком 2. Здесь в полулогарифмической шкале представлены результаты моделирования простой системы, состоящей из пяти процессов, выпускающих четыре продукта, потребляемые другими процессами. Начальная динамика системы соответствует неймановской магистрали. После достижения предельной интенсивности A-Owner одного из процессов принял решение повысить предел интенсивности своего процесса за счет кредита. Необходимость возврата кредита привела к росту цены на его продукт, что в силу финансового баланса каждого процесса сразу сказалось на ценах остальных продуктов.

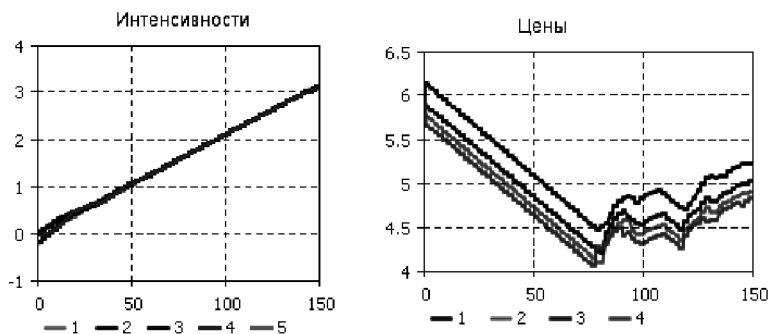


Рис.2. Динамика интенсивностей и цен с учетом ограниченности ресурса производственных мощностей.

Как видно, с использованием АДМ возможно преодолеть некоторые недостатки классической теоретической модели фон Неймана и построить на ее основе агентные модели реальных систем, в которых существуют ограничения на основные факторы производства (капитал, трудовые ресурсы и т.д.).

3. Моделирование развития экономики в условиях дефицита трудовых ресурсов

Другим примером многоагентной модели развития экономики в условиях дефицита ресурса, также реализованной в среде AnyLogic [3], может служить простая модель, отражающая роль ментальности населения и ограниченности трудовых ресурсов.

Ключевым моментом модели является деление всех агентов на потенциальных собственников бизнеса и наёмных работников. Известно, что только небольшой процент людей обладает ментальными качествами (активностью, мобильностью, склонностью к риску), необходимыми для ведения бизнеса. Величина этого «процента» в модели является параметром, отражающим ментальную характеристику общества.

Качественные результаты компьютерного эксперимента, отображающие динамику выпуска при различных долях активных агентов, представлены на рис.3. Если эта доля в обществе невысока, развитие производства имеет плавный характер и выпуск (кривая 1) достигает максимума при полной занятости населения.

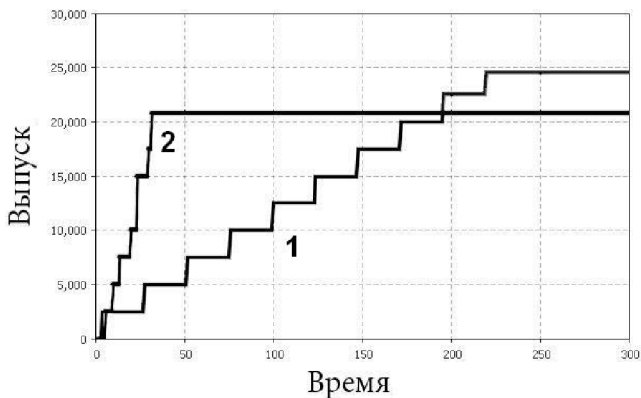


Рис.3. Динамика развития экономики в условиях дефицита трудовых ресурсов

Ступенчатость графика отражает периодичность, с которой агент-собственник берёт кредит на расширение производства.

При большей доле активных агентов (предпринимателей) в обществе их борьба за ограниченные трудовые ресурсы становится существенным фактором. Предприниматель, решивший развивать свой бизнес в условиях, когда свободные трудовые ресурсы отсутствуют, вынужден «переманивать» работников у конкурентов. Увеличивая размер фонда оплаты труда, собственник рискует не рассчитаться с банком по кредиту и обанкротиться. Это определяет действия агента-предпринимателя и принимаемые им решения.

Агент-работник, в свою очередь, может по-разному реагировать на предложение сменить место работы. Вероятность перехода также определяется его ментальной характеристикой (мобильностью).

Развитие экономики в обществе с большей долей собственников (развитым малым бизнесом) происходит более интенсивно (кривая 2 на рис.3), но увеличение числа собственников уменьшает число наёмных работников при неизменной численности населения, а значит, выпуск не достигает максимума, возможного в предыдущем варианте.

Заключение

Агентно-динамический подход, по нашему мнению, являе-

тся одним из перспективных направлений в моделировании экономики и социально-экономических процессов. Он предоставляет новые возможности, дополняющие инструментальные средства современных систем моделирования. Пример, приведенный выше, иллюстрируют некоторые аспекты возможных приложений этого метода.

Другим моментом, который следует подчеркнуть в заключение, является возможность расширения представлений о моделировании социально-экономических процессов введением факторов, описывающих ментальность агентов, таких как активность, мобильность, склонностью к риску, законопослушность, заметно различающиеся в разных странах.

Если для жителя США, например, уровень предлагаемой оплаты труда будет решающим фактором в выборе места работы, то для представителя страны с более традиционной культурой этот фактор может иметь второстепенное значение. В связи с этим разработка агентных моделей, учитывающих факторы ментальности, может представлять значительный интерес для прогнозирования перспектив развития экономики Украины и других стран пост-советского пространства.

Список использованной литературы:

1. А.Р.Бахтизин. Агент-ориентированные модели экономики. М.: Экономика, 2008.
2. Е.С.Якуб. Система агентно-динамического моделирования экономики «ЕСО-Dynamics», тези доповідей конференції «Проблеми економічної кібернетики», 8-9 жовтня 2009 р., м. Харків.
3. Ю.Г.Карпов. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. –СПб.: БХВ-Петербург, 2005 -400с.: илл.
4. J. v. Neumann, A Model of General Economic Equilibrium. *The Review of Economic Studies*, Vol. 13, No. 1. (1945 - 1946), pp.1-9.
5. E.Bonabeau. Agent-based modeling: methods and techniques for simulating human systems. *Proc. National Academy of Sciences* 99(3), 2002, pp.7280-7287.

ДОСЛІДЖЕННЯ АДЕКВАТНОСТІ МАТЕМАТИЧНОГО ІНСТРУМЕНТАРІЮ МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ З УРАХУВАННЯМ ІМОВІРНІСНИХ, НЕЧІТКИХ ТА НЕЛІНІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

Г.І. Великоіваненко

м. Київ, ДВНЗ «Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана»

Серйозним каталізатором глобалізаційних процесів у світі стало стрімке нарощення міжнародного руху капіталів. У найбільш загальній формі ринок капіталів являє собою світову фінансову систему, яка спирається на фондовий ринок та інші первинні і вторинні ринки цінних паперів, ринок кредитного капіталу, валютний ринок. За темпами нарощення обсягів і масштабами обороту світовий ринок капіталів відіграє провідну роль у сучасній економіці.

Світовій фінансовій системі, з існуючими видами ринків, характерні свої закономірності функціонування та розвитку, що не властиві міжнародній торгівлі чи динаміці виробництва світового ВВП. Суттєве збільшення кількості фінансових криз та їх масштабів на провідних фондових ринках мали шоковий вплив на економіку західних країн. Ринкові кризи 2000–2003, 2008–2009 років, які принесли інвесторам по всьому світу збитки більш ніж на сто трильйонів доларів, красномовно свідчать про те, що використовувані досі теорії фінансового аналізу та прогнозування розвитку фінансових показників практично вичерпали себе.

Світове співтовариство проявляє все більшу зацікавленість у створенні стабільної фінансової системи і прозорості ринку капіталів. Тому, в останні роки, виникла потреба у наукових дослідженнях, що стосуються стійкого і прогнозованого розвитку фондових, кредитних, валютних ринків.

Міжнародний валютний фонд витратив значну кількість ресурсів і часу на створення Системи раннього попередження після фінансової кризи 1998 року. Проте у 2005 році сам МВФ констатував у статті, опублікованій у журналі «IMF Staff Papers», провал таких систем раннього попередження, що базуються на класичному математичному інструментарії. Відпо-

відно, для здійснення обґрунтованих економічних прогнозів у сучасних умовах є нагальна необхідність в істотному переосмисленні використовуваних на практиці методів економіко-математичного моделювання.

На підтвердження цього О. О. Недосєкін охарактеризував період 2000–2002 рр. у світовій економіці як парадигмальний епістемологічний розрив, унаслідок чого взагалі викликає сумніви можливість використання ретроспективних даних для отримання прогнозу через якісний перелом ринкових тенденцій [4].

Якщо здійснити аналіз причинно-наслідкових зв'язків такої непередбачуваної поведінки фінансових систем як розвинутих країн, так і країн з перехідною економікою, то можна дійти висновків, що, з одного боку, наслідком зазначених різких коливань фінансових показників є неможливість їх адекватного прогнозування із використанням класичних математичних підходів. А з іншого боку, саме зростаюча неспроможність широко розповсюджених економіко-математичних методів і моделей адекватно здійснювати аналіз та прогнозування розвитку фінансово-економічних систем стає однією з головних причин виникнення таких значних криз на фондових ринках [6]. Адже, який інвестор вкладав би кошти в акції, якщо би міг передбачити подальше значне падіння їхнього курсу або виявити значну їх переоцінку, використовуючи адекватні методи фінансового аналізу?

Про незворотні зміни, зокрема в економічній науці, зазначав ініціатор створення міжнародної наукової організації «Римський клуб» А. Печчеї [8]: «Немає більше економічних, технічних або соціальних проблем, що існують окремо, незалежно одна від одної, котрі можна було б обговорювати в межах однієї спеціальної термінології та вирішувати не поспішаючи, послідовно. У нашому штучно створеному світі майже все досягло небувалих розмірів і масштабів: динаміка, швидкість, енергія, складність — і наші проблеми також. Вони тепер одночасно і психологічні, і соціальні, і економічні, і технічні, до того ж ще й політичні. Крім того, тісно переплітаючись і взаємодіючи, вони пускають коріння і дають паростки в суміжних і віддалених сферах».

В огляді [5], підготовленому за результатами проведення

II Всеросійського симпозиуму з економічної теорії, який проходив за участі провідних російських учених-економістів, академіків РАН, узагальнюючим висновком була теза: «Вагоме місце у розвитку економічної теорії в найближчому майбутньому займатимуть міждисциплінарні підходи, що базуються на широкому застосуванні апарату синергетичного моделювання, економіко-математичних, економіко-соціологічних, економіко-історичних та економіко-психологічних та інших моделей і методів» [5].

Розвиваючи наведені цитати, від себе додамо, що сучасні економічні, соціальні, юридичні та інші проблеми часто характеризуються суто теоретичними міркуваннями, описовими послідовностями щодо їх вирішення без застосування будь-яких кількісних показників. Через ці особливості стає неможливим для розв'язання подібних задач використовувати класичні числові підходи, у підґрунтя яких покладено економетричні моделі, побудовані за принципами регресійних функцій. Проте логічно зауважити, що немає сенсу штучно відмовлятися від певної важливої інформації лише тому, що існуючі поширені математичні методи обробки інформації та прийняття рішень не здатні оперувати якісними показниками.

Відповідно, аналітики змушені частіше використовувати звичайні методи якісного аналізу соціальних та економічних систем, що усуває кількісні методи математичного моделювання з процесу планування та оптимізації їхньої діяльності. Зробимо наголос на тому, що використання адекватних математичних підходів для аналізу та прогнозування розвитку соціально-економічних систем дає змогу підвищити ефективність їх функціонування та сприятиме отриманню додаткового економічного ефекту. Зауважимо також, що відмова від математичних методів моделювання економіки на користь звичайного експертного аналізу є згубним шляхом розвитку як економічної науки, так і практики управління економічними системами.

Як зазначав у висновках до статті [2] професор В. В. Вітлінський: «Усе це потребує залучення відповідного економіко-математичного інструментарію, зокрема, топології, функціонального аналізу, теорії нечітких (розпливчастих) множин, а також відповідних інформаційних технологій, що дозволило б із загальних концептуальних позицій здійснити

опис як кількісно, так і якісно поданої інформації щодо об'єктів і процесів, урахуваючи семантичні модальності інформаційних одиниць, нечіткість даних, мультиплікативний вплив чинників невизначеності та конфліктності, синергетичні ефекти, вплив різних видів і типів ризику на його інтегральну оцінку, а також суб'єктивного чинника та низку інших аспектів, які підвищують адекватність і точність відповідних оцінок, прогнозів, планів та рішень».

Тривалий час в аналізі та прогнозуванні ринків капіталу домінували лінійні моделі, які давали досить прості розв'язки, але, водночас, не відповідали реальним економічним процесам, мали низьку адекватність, не пояснювали падінь фондових ринків та їхньої здатності до подальшого поживлення.

З метою прогнозування показників на ринках капіталу широко використовуються економетричні моделі. Але у підґрунті економетричних методів лежать певні припущення, які приводять до суттєвих обмежень таких моделей. По-перше, економетричний підхід передбачає, що якщо не існує зовнішніх впливів, то система знаходиться у стані рівноваги. Під впливом зовнішніх факторів система виходить із стану рівноваги і повертається в цей стан за лінійним законом. По-друге, економетричні методи ігнорують фактор часу, або ж розглядають час як змінну, рівноцінну решті змінних моделі. За такого підходу ринки не мають пам'яті про минуле, або ж мають дуже обмежену (коротку) пам'ять. Гіпотеза про те, що деяка одна окрема подія може різко змінити майбутнє, в економетриці відхиляється.

Останнім часом з'являється все більше прибічників переходу від економетричного моделювання економіки до синергетичного підходу [1], згідно з яким для аналізу поведінки економічних систем залучаються знання із найрізноманітніших галузей науки — від психології і філософії до математики, фізики, біології тощо.

Так, шукаючи нові методологічні підходи та методи математичного моделювання складних систем, дослідники дедалі частіше звертають увагу на навколишній світ, живу природу, відкриваючи там нові ідеї. Таким чином і з'явилися методи нейронних мереж (сукупність запозичених з нейрофізіології моделей паралельних обчислювальних структур), теорії нечіт-

ких множин та нечіткої логіки (механізм реалізації формально-логічних мовних конструкцій, що відтворюють процеси мислення людини за допомогою лінгвістичних категорій та логічних правил прийняття рішень), генетичні алгоритми (що застосовуються для пошуку глобального оптимуму в складних системах, ґрунтуючись на теоретичних дослідженнях синтетичної теорії еволюції, що вивчає мікробіологічні механізми наслідування ознак у популяціях живих організмів), еволюційне програмування (генерація за принципами генетичних алгоритмів альтернативних кодів комп'ютерних програм або функцій визначеного вигляду, на зразок МГУА, що здатні підвищити точність відтворення шуканої залежності), інтелектуальні методи мультиагентної оптимізації (методи мурашиних колоній, бджолиної колонії, оптимізації з використанням рою часток та на основі моделювання переміщення бактерій, в основу яких закладено принципи функціонування колоній суспільних тварин, комах та інших живих істот, реалізуючи таким чином колективний інтелект) та ін.

Важливим завданням в контексті вибору математичного інструментарію для моделювання процесів та явищ будь-якої природи є формування спільної концепції, яка б ґрунтувалась на загальних принципах, що знаходяться в основі феноменів різного походження та об'єднують різноманітні явища нашого світу. В деякій мірі така концепція, що синтезує різні сторони реальності, може бути сформована в рамках сучасної теорії нелінійних динамічних систем. Низка властивостей таких систем, зокрема, нестійкість, нелінійність, відкритість, дисипація породжують режими існування та еволюції, притаманні широкому класу складних систем від механічних, термодинамічних, хімічних тощо до живих організмів та їх спільнот, якими є соціально-економічні системи. В першу чергу, це хаотичні режими, які зараз прийнято вважати характерними етапами розвитку будь-якої достатньо складної нелінійної системи, та явища самоорганізації, механізм яких може пояснити різноманітні асиметрії фізичного світу, природу соціальних революцій, зокрема, економічних криз тощо.

Надзвичайно висока чутливість систем, що перебувають на етапі хаотичного розвитку, дає ключ до розуміння різких стрибкоподібних переходів, визначає межі передбачуваності їхньої

поведінки, а також і горизонт реконструкції попередніх станів. Аналіз складних нелінійних систем дозволяє зрозуміти конструктивну роль криз у розвитку цих систем, визначити динаміку поведінки або встановити етапи управління системою як у періоди криз, так і у період спокійного розвитку між етапами якісних перебудов.

Один із широко вживаних підходів до моделювання динаміки економічних систем полягає в описі їх поведінки системою рівнянь, що визначають зміну координат (параметрів) системи у часі, із заданими початковими умовами.

Дослідження в області нелінійної динаміки [9] показали принципові обмеження в області прогнозування навіть у детермінованих (таких, де майбутнє однозначно визначається минулим) системах вигляду

$$\begin{aligned} \vec{x}' &= f(\vec{x}, \lambda), \\ \vec{x}'(0) &= \vec{x}_0, \quad \vec{x}''(0) = \vec{x}_0 + \vec{d}(0). \end{aligned} \quad (1)$$

Якою б малою не була різниця у початкових даних (умовах) $\vec{d}(0)$, з часом нескінченно близькі траєкторії для множини нелінійних систем експоненційно розбігаються:

$$\|\vec{d}(t)\| \approx \exp(\lambda t), \quad \lambda = \lim_{t \rightarrow \infty} \lim_{\|\vec{d}(0)\| \rightarrow 0} \frac{1}{t} \left\| \frac{\vec{d}(t)}{\vec{d}(0)} \right\|. \quad (2)$$

Саме величина λ , яка має назву показника Ляпунова, визначає час, на який можна спрогнозувати розвиток системи (тобто спрогнозувати саме стан системи $\vec{x}(t)$, а не його ймовірність), оскільки між горизонтом прогнозу та показником Ляпунова існує взаємозв'язок: $T \approx 1/\lambda$.

При дослідженні поведінки складних нелінійних систем, що включають велику кількість взаємопов'язаних елементів, зазвичай використовується деякий спрощений опис, оскільки математичне моделювання всієї системи шляхом врахування стану кожної її складової приводить до надто великої розмірності моделі. Зауважимо, що процесу обчислення параметрів, які визначають стан складних нелінійних систем з великою кількістю змінних, притаманна неточність (невизначеність, розпливчастість) внаслідок нестійкості систем і неможливості абсолютно точного визначення початкових умов та еволюційних рівнянь, а також внаслідок наближеності та великої трудно-

місткості використовуваних чисельних алгоритмів.

При описі динаміки економічних процесів часто використовують параметри, які відображають узагальнену або усереднену поведінку кожної складової, причому важливим є те, що такі параметри є не абстрактними величинами, а такими, які можна спостерігати. За використання у процесі моделювання такого спрощеного опису, еволюційні рівняння для параметрів системи можна отримати шляхом усереднення (як це робиться, наприклад, у статистичній фізиці) або ж за рахунок створення евристичних моделей, які ґрунтуються на спостереженнях за параметрами складних систем (що часто зустрічається в економіці у зв'язку з відсутністю розроблених детальних математичних моделей окремих складових системи).

За першого підходу опис є наближеним, оскільки в реальних системах завжди спостерігаються флуктуації параметрів, що унеможливорює абсолютно точне визначення фазових координат системи, а отже викликає необхідність пошуку принципів моделювання, відмінних від опису поведінки систем у вигляді детермінованих диференціальних рівнянь чи інших еволюційних рівнянь. Зокрема, завдяки флуктуаціям фазових координат (параметрів) системи руйнуються детерміновані фазові траєкторії, зникають особливі точки, система «блукає» навколо стану, який передбачений розв'язком детермінованого еволюційного рівняння. За другого підходу неточність обумовлена тим, що обчислення ґрунтуються на узагальненні та аналогії, у той час як кожна система може мати деякі індивідуальні властивості (риси).

Існують різні підходи до усунення невизначеності у процесі моделювання складних систем. Найбільш розповсюдженим є стохастичний підхід до опису невизначеності при побудові математичних моделей економічних систем, явищ чи процесів. Згідно такого підходу на множині параметрів задається ймовірнісний розподіл, який має наступну інтерпретацію: ймовірність тієї чи іншої події прирівнюється до частоти її появи в (нескінченній) послідовності незалежних випробувань. Тобто, для коректного застосування інструментарію теорії ймовірностей з метою моделювання економічної системи чи явища необхідно аби величина, яку ми спостерігаємо (деякий параметр системи), була результатом усереднення незалежних випадко-

вих величин. Однак, коли мова йде про моделювання унікальних явищ, про опис експериментів, що не повторюються, про наслідки (результати), які можуть бути отримані лише один раз, або про прийняття рішення у даній конкретній ситуації, яка взагалі можливо ні до цього, ні після цього ніколи більше не повториться, то описувати такі події в термінах імовірності, пов'язаної з їхньою частотою у серії незалежних випробувань, некоректно.

Якщо експеримент принципово не можна повторити багаторазово, то при стохастичному підході зазвичай пропонується інтерпретація результатів моделювання шляхом розігрування «уявного» експерименту, результати якого, однак, тепер вже не пов'язані з реальними процесами, які описуються.

Зауважимо, що при використанні теоретико-імовірнісного підходу до моделювання здійснюється не прогнозування поведінки системи, а оцінювання частоти тієї чи іншої її поведінки, пов'язаної з імовірністю, причому робиться припущення, що частота не змінюється за заданих умов, що характеризує так звану стохастичну стійкість. Однак у складних ситуаціях самі умови змінюються досить швидко і не підлягають оцінюванню, а, отже, втрачається сенс говорити про частоти подій. У таких ситуаціях можна говорити лише про певні тенденції – наприклад, стверджуючи, що «якщо тенденція змін в умовах збережеться, то імовірність подій збільшиться». Значення ймовірностей у такій ситуації не мають сенсу для прогнозування стану системи. Відповідно, більш природно описувати лише ці тенденції і переваги, причому не в абсолютній, а у ранговій шкалі, оцінюючи можливість тієї чи іншої поведінки системи.

Неадекватність імовірнісних моделей виявляється і при описі думки експерта, оскільки його вислови не являються стохастично стійкими: в різні моменти експерт може приймати різні рішення за одних і тих самих, здавалось би, незмінних ситуацій.

Поєднуючи наведені вище тези та враховуючи неспроможність поширених нині економіко-математичних методів здійснювати адекватний аналіз та прогнозування (що стало однією з головних причин виникнення такого значного та тривалого кризового періоду на ринках капіталів), дозволимо собі зробити висновок про необхідність перегляду концептуальних засад

моделювання фінансових і соціально-економічних систем та формулювання нової економічної парадигми. Ця парадигма має передбачати застосування такого математичного інструментарію, який надасть можливість здійснювати фінансово-економічний аналіз та прогнозування з урахуванням усієї наявної інформації про об'єкт дослідження (зокрема експертних знань) та проводити ефективне налагодження економіко-математичних моделей на підґрунті реальних статистичних даних.

На доцільності зміни парадигми моделювання економіки також наголошував Едгар Петерс [7], причому здійснивши значний внесок у розвиток теорії хаосу та фрактального аналізу, а також їх застосування для аналізу ринків капіталу, він робить наголос на тому, що подальші свої дослідження буде проводити у напрямку моделювання економіки на підґрунті теорії нечіткої логіки [7].

Такий підхід до моделювання економічних систем та процесів дає можливість описувати неточність (невизначеність) параметрів системи у термінах можливості. Якщо при детермінованому підході поведінку складних систем описують фазовою траєкторією, при імовірнісному – випадковим процесом, то при нечіткому підході поведінка системи може бути описана множиною траєкторій із заданою на повній множині можливих станів функцією можливості (належності). Така міра визначає порядок на множині траєкторій, за яким деякі траєкторії більш можливі, деякі – у меншій мірі, а інші неможливі взагалі. Поведінку системи при цьому можна визначити як нечіткий процес, який описується початковим розподілом можливості (належності) та розподілом можливості переходу системи з одного стану в інший як функції часу, початкового та кінцевого стану.

Теорію нечітких (розпливчастих) множин та нечіткої логіки можна розглядати як спосіб формалізації суб'єктивних суджень, що дозволяє охарактеризувати ступінь можливості та достовірності подій, а також кількісно описати наявну якісну інформацію про об'єкт дослідження.

Окрім того, теоретико-розпливчасті методи моделювання є інваріантними відносно будь-якого перетворення шкали значень можливості (функцій належності), що зберігає порядок. А

отже, можливість не має частотної інтерпретації, яка властива ймовірності і пов'язує її з експериментом. Тим не менш, теорія нечіткої логіки дозволяє математично моделювати дійсність на підґрунті фактів, знань, гіпотез і суджень дослідників та перевіряти адекватність побудованих моделей. Відповідно, підхід до моделювання поведінки складних економічних систем в термінах нечіткості (розпливчастості, можливості) дозволяє враховувати думку експертів про можливість тої чи іншої поведінки системи. Це є важливим, зокрема, при створенні сучасних засобів моделювання складних соціально-економічних систем та процесів на макрорівні, що ґрунтуються на судженнях експертів про можливі ситуації та стани системи, про тенденції у її поведінці, про закономірності, що пов'язують параметри системи.

Зважаючи на зазначене, вважаємо за доцільне застосування для моделювання економічних систем методів нечіткої логіки, що надають інструментарій для обробки якісної інформації та врахування експертних знань у предметній області. Залучення ж інструментарію нейронних мереж до моделей на нечіткій логіці забезпечить можливість оптимізації їх параметрів на реальних кількісних та якісних показниках діяльності досліджуваної системи, об'єкта чи процесу. Як наголошується у дослідженні [3], між нейронними мережами та нечіткими системами існує певний синергізм, який робить їхню гібридизацію ефективним інструментом математичного моделювання та інтелектуального управління економічними системами і процесами в умовах невизначеності.

Зокрема, гібридні нейро-нечіткі системи, які є синтезом обох підходів, забезпечують поєднання властивостей адаптивності й робастності, характерних нейронним мережам, з поданням знань, логічністю та універсальністю систем нечіткої логіки. Крім того, нелінійні моделі, що ґрунтуються на синтезі елементів нечіткої логіки та нейронних мереж, здатні ефективно здійснювати розрахунок результативного показника на підставі пояснюючих змінних навіть за умови, коли між ними відсутній значимий кореляційний зв'язок. Для застосування нейро-нечітких моделей немає необхідності дотримання гіпотези про стаціонарність досліджуваних випадкових процесів або незмінність зовнішніх умов, що особливо важливо для моло-

дих ринків, які активно розвиваються, зокрема українського.

Нейро-нечіткі технології є тим математичним інструментарієм, який з успіхом може бути застосований для розв'язання практично будь-яких економічних задач. Вони являють собою методологію та математичний апарат, що надає можливість ставити та математично-обґрунтовано розв'язувати навіть такі задачі, для яких відсутня скільки-небудь повноцінна статистика, або коли серед інформативних факторів є лише якісні показники, забезпечуючи при цьому можливість адаптації економіко-математичних моделей до мінливих умов економіки.

Вказане вище обґрунтовує доцільність упровадження в економічну науку методів теорій нейронних мереж та нечіткої логіки, які є потужним математичним апаратом, здатним з успіхом замінити поширені морально-застарілі математичні підходи. Наразі для цього є всі необхідні передумови, що дає підстави сподіватись на провідну роль нейро-нечітких технологій у створенні підґрунтя для започаткування нової парадигми розвитку економічної науки та, зокрема, теорії економіко-математичного моделювання.

Список використаної літератури:

1. Дербенцев В.Д. Синергетичні та еконофізичні методи дослідження динамічних та структурних характеристик економічних систем. Монографія / В.Д.Дербенцев, О.А.Сердюк, В.М.Соловійов, О.Д.Шарапов. – Черкаси: Брама – Україна, 2010. – 300 с.
2. Вітлінський В. В. Актуальні питання розвитку теорії ризику / В. В. Вітлінський. // Моделювання та інформаційні системи в економіці. – К.: КНЕУ, 2006. – Вип. 74. – С. 30–38.
3. Матвійчук А. В. Обґрунтування вибору наукової спрямованості журналу (вступне слово головного редактора) // Нейро-нечіткі технології моделювання в економіці.– 2012.– № 1.– С. 7-36.
4. Недосекин А. О. Методологические основы моделирования финансовой деятельности с использованием нечетко-множественных описаний: Дис... докт. экон. наук: 08.00.13 / А. О. Недосекин; СПбГУЭФ. – СПб., 2003. – 280 с.
5. Некипелов А. Д. Приоритеты развития современной экономической теории / А. Д. Некипелов, А. И. Татаркин,

Е. В. Попов // Экономическая наука современной России. – 2006. – № 3. – С. 127–141.

6. Нечеткие модели и нейронные сети в анализе и управлении экономическими объектами : монография / [Бизянов Е.Е., Великоиваненко Г.И., Кизим В.В. и др.]; под. ред. Ю. Г. Лысенко. — Донецк: Юго-Восток, 2012. — 388 с. — (Сер. : Жизнеспособные системы в экономике).

7. Петерс Э. Хаос и порядок на рынках капитала. Новый аналитический взгляд на циклы, цены и изменчивость рынка. / Э. Петерс. – М.: Мир, 2000. – 333 с.

8. Печчеи А. Человеческие качества: Изд. 2-е. / А. Печчеи. – М.: Прогресс, 1985. – 312 с.

9. Прогноз и моделирование кризисов и мировой динамики / Отв. ред. Акаев А.А., Кортаев А.В., Малинецкий Г.Г. — М.: Издательство ЛКИ, 2010. — 352 с.

РОБАСТНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ИМПУЛЬСНЫМИ УПРАВЛЯЮЩИМИ ВОЗДЕЙСТВИЯМИ

В.С. Денисенко, В.И. Слынько*

г. Черкассы, Черкасский национальный университет
имени Богдана Хмельницкого

*г. Киев, Институт механики им. С.П. Тимошенко
НАН Украины

В работе на основе развития прямого метода Ляпунова получены достаточные условия робастной (интервальной) устойчивости экономических систем с параметрической неопределенностью, математическими моделями которых являются линейные системы дифференциальных уравнений с непериодическим импульсным воздействием. При этом проблема робастной устойчивости сведена к вопросу совместности некоторой системы линейных матричных неравенств и выполнению алгебраических неравенств.

Ключевые слова: *устойчивость экономических систем, робастная устойчивость, прямой метод Ляпунова, импульсная система, линейные матричные неравенства.*

Введение. Исследование вопросов устойчивости экономической системы (предприятия) в случае изменений внутренней и внешней среды является актуальной задачей современности.

Под состоянием устойчивости понимается способность экономической системы, подвергнувшейся неблагоприятному отклонению за пределы ее допустимого значения, возвратиться в состояние равновесия за счет собственных или заемных ресурсов, перепрофилирования производства и др. В таком случае состояние равновесия называется устойчивым. Второму варианту отвечает неустойчивость состояния экономических систем. Здесь под равновесием понимается состояние, которое сохраняется как угодно долго при отсутствии внешних возмущений. Управляющий орган (организационная структура управления) обеспечивает удержания в пределах допустимых значений и временных интервалов отклонения от заданных параметров системы.

Устойчивость системы зависит от большой группы факторов. Потеря устойчивости в общем случае может произойти вследствие изменения параметров системы (бифуркации), из-за наличия внешних воздействий (в частности, слишком значительных или качественно несовместимых с системой), либо при нарушении связей в системе, когда меняется ее структура (структурная неустойчивость).

По наличию изменения состояния во времени экономическую систему следует отнести к классу динамических систем. Любой из внешних факторов влияет на свойства системы и изменяет их с определенной силой. В процессе влияния внешние факторы могут: усиливать или уменьшать действие внутренних свойств системы с бесконечной скоростью (происходит скачок в другое состояние) или с определенной скоростью (происходит плавный переход системы в иное состояние); сглаживать или усиливать происходящие в системе внутренние процессы; не оказывать никакого воздействия на свойства системы.

Детерминированный подход в исследовании устойчивости экономических систем связан с точными оценками ее параметров, что в определенной степени затруднительно, так как любая система, в том числе экономическая система, подвержена воздействию не только регулярного, но и вероятностного происхождения. Таким образом, при наличии параметрической неопределенности (неопределенности в элементах матриц пространства состояний) необходимо исследовать робастную устойчивость экономических систем (устойчивость целого класса систем), а также анализировать полученные робастные оценки параметров системы и их характеристики.

Актуальность исследований робастной устойчивости в системах управления на сегодняшний день обусловлена современными потребностями науки и техники. В практических задачах, связанных с конструированием и моделированием процессов управления в технике, экономике, биологии и других сферах робастная устойчивость является одним из ключевых факторов гарантирующих применимость моделей и надежность работы спроектированных систем. Фактически результаты, полученные в теории робастной устойчивости, позволяют обеспечивать динамическую безопасность управляемых

промышленных систем на этапе их конструирования и эксплуатации.

Классическим результатом для оценки устойчивости экономических систем с параметрической неопределенностью является применение результатов В.Л. Харитоновой [1], – для систем, которые моделируются линейными дифференциальными уравнениями n -го порядка им были получены необходимые и достаточные условия интервальной устойчивости. Вопросам робастной устойчивости дискретных систем посвящены работы [2], [3] и др.

В тоже время существует достаточно много динамических систем и процессов, управление которыми осуществляется в течение столь кратковременных промежутков, что их можно идеализировать как мгновенные, а результаты воздействия приводят к быстрому изменению процесса – скачкам фазовой траектории моделируемой системы. Формализация таких процессов невозможна без перехода к управлениям импульсного типа и динамическим системам с разрывными траекториями. Важные примеры подобных ситуаций можно найти в механике, ракетодинамике, квантовой электронике, робототехнике, медико-терапии, математической экологии, экономике и т.д. Математической формализацией моделей таких процессов и явлений являются дифференциальные уравнения с импульсным воздействием. Импульсные управляющие воздействия (быстрое изменение вектора состояния системы) в моделях экономических систем могут возникать в результате финансового кризиса, при изменениях в структуре финансирования и фискальной политики, научно-техническом прогрессе и как следствие, росте производительности труда и т.д.

Развитию общих методов исследования устойчивости решений систем дифференциальных уравнений с импульсным воздействием посвящены работы [4]–[7] и др. Задача о робастной (интервальной) устойчивости линейных систем с импульсным воздействием является недостаточно изученной. Некоторые результаты в этом направлении получены в работах [8], [9] и др. В работе [10] получены достаточные условия робастной устойчивости для матричных политопов линейных систем с периодическим импульсным воздействием.

Смежные вопросы устойчивости для нечетких импульсных

систем Такаги–Сугено представлены в работах [11–13]. Постановка задачи об устойчивости нечетких систем Такаги–Сугено близка к вопросам интервальной устойчивости систем дифференциальных уравнений так как задача об интервальной устойчивости сводится к задаче о робастной устойчивости политопов, а устойчивость систем Такаги–Сугено – это фактически робастная устойчивость систем с функциональными параметрами.

Целью настоящей работы является развитие прямого метода Ляпунова [14] и его применение для исследования робастной (интервальной) устойчивости экономических систем со структурной неопределенностью, математическими моделями которых являются линейные системы дифференциальных уравнений с неперiodическим импульсным воздействием.

Постановка задачи. Рассмотрим экономическую систему, модель которой описывается интервальной линейной системой дифференциальных уравнений с импульсным воздействием

$$\frac{dx(t)}{dt} = \bar{A}x(t), \quad t \neq \tau_k, \quad (1)$$

$$\Delta x(t) = \bar{C}_k x(t), \quad t = \tau_k, \quad k \in N,$$

где $t \in [a, \infty)$, $x \in R^n$, $\Delta x(t) = x(t+0) - x(t)$, $\{\tau_k\}_{k=1}^{\infty}$ – последовательность моментов импульсного воздействия, $0 \leq \theta_1 \leq \tau_{k+1} - \tau_k \leq \theta_2 < \infty$.

Кроме того, предполагается, что $L = \max_k \|\bar{C}_k\| < +\infty$ и матрицы \bar{A} , \bar{C}_k , $k \in N$ являются интервальными, т.е.

$$A_* \leq \bar{A} \leq A^*, \quad C_{k*} \leq \bar{C}_k \leq C_k^*, \quad k \in N,$$

где A_* , $A^* \in R^{n \times n}$, C_{k*} , $C_k^* \in R^{n \times n}$, $k \in N$, и неравенства между матрицами понимаются поэлементно.

Обозначим через $x(t; t_0, x_0)$ решение задачи Коши для системы (1). Функция $x(t; t_0, x_0)$ является непрерывно-дифференцируемой по t на множестве $[a, \infty) \setminus \bigcup_{k=1}^{\infty} \{\tau_k\}$. Предполагается, что в точках $t = \tau_k$, $k \in N$ функция $x(t; t_0, x_0)$ является непрерывной слева т.е. $x(t-0) = x(t)$.

Определение 1. Система (1) называется робастно (интервально) устойчивой, если для любых матриц $\bar{A} \in [A_*, A^*]$ и

$\bar{C}_k \in [C_{k*}, C_k^*]$ линейная система (1) будет асимптотически устойчивой по Ляпунову.

Целью настоящей работы является исследование робастности устойчивости системы (1).

Определим матрицы

$$A_0 = \frac{1}{2}(A_* + A^*), \quad C_{k0} = \frac{1}{2}(C_{k*} + C_k^*)$$

и систему (1) представим в виде

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= (A_0 + \Delta A)x(t), \quad t \neq \tau_k, \\ \Delta x &= (C_{k0} + \Delta C_k)x(t), \quad t = \tau_k, \quad k \in N, \end{aligned} \quad (2)$$

где $\Delta A = \bar{A} - \frac{1}{2}(A_* + A^*)$, $\Delta C_k = \bar{C}_k - \frac{1}{2}(C_{k*} + C_k^*)$.

Для матриц возмущений ΔA и ΔC_k возможны различные способы представления и оценки норм. Рассмотрим один из таких способов (на примере нормы ΔA) [6].

$$\Delta A = E_A \Sigma_A F_A,$$

где

$$\begin{aligned} H &= (h_{ij})_{n \times n} = \frac{1}{2}(A^* - A_*), \\ \Sigma_A \in \Sigma^* &= \left\{ \Sigma \in R^{n^2 \times n^2} : \Sigma = \text{diag} \left\{ \varepsilon_{11}, \dots, \varepsilon_{n^2 n^2} \right\} \mid \varepsilon_{ij} \leq 1; i, j = \overline{1, n} \right\}, \\ S_A &= E_A E_A^T = \text{diag} \left\{ \sum_{j=1}^n h_{1j}, \sum_{j=1}^n h_{2j}, \dots, \sum_{j=1}^n h_{nj} \right\} \in R^{n \times n}, \\ G_A &= F_A^T F_A = \text{diag} \left\{ \sum_{j=1}^n h_{j1}, \sum_{j=1}^n h_{j2}, \dots, \sum_{j=1}^n h_{jn} \right\} \in R^{n \times n}, \\ \|\Delta A\| &\leq \|E_A\|^2 \|F_A\|^2 = \|S_A\| \|G_A\|. \end{aligned}$$

Аналогично

$$\|\Delta C_k\| \leq \|E_{C_k}\|^2 \|F_{C_k}\|^2 = \|S_{C_k}\| \|G_{C_k}\|$$

Наряду с системой (2) рассмотрим номинальную систему с импульсным воздействием

$$\begin{aligned} \frac{dy}{dt} &= A_0 y, \quad t \neq \tau_k, \\ \Delta y &= C_{k0} x(t), \quad t = \tau_k, \quad k \in N, \end{aligned} \quad (3)$$

где $y \in R^n$.

Основной результат. Определим для матрицы $A \in R^{n \times n}$ оператор Ляпунова, действующий на пространстве симметричных действительных $n \times n$ -матриц по формуле $F_A X = A^T X + X A$.

Обозначим через $\lambda_m(\cdot)$ и $\lambda_M(\cdot)$ наименьшее и наибольшее собственные значения соответствующей матрицы. Для произвольной матрицы A будем использовать норму $\|A\| = \sqrt{\lambda_M(A^T A)}$.

Предположение 1. Предположим, что для заданной симметричной положительно-определенной $Q_0 = Q_0^T \in R^{n \times n}$ существует симметричная положительно-определенная матрица $P = P^T \in R^{n \times n}$, удовлетворяющая неравенствам

$$\sum_{l=1}^p (-1)^{l+1} \frac{(\tau_k - \tau_{k-1})^l}{l!} F_{A_0}^l P + (I + C_{k0})^T P (I + C_{k0}) - P \leq -Q_0, \quad k \in N, \quad (4)$$

$$(-1)^{p+1} F_{A_0}^{p+1} P \geq 0.$$

Рассмотрим функцию Ляпунова $v(x) = x^T P x$ и применим ее для исследования устойчивости системы (1).

Теорема 1. Пусть для некоторого $p \geq 1$ выполняется предположение 1 и справедливы оценки

$$2\|P(I + C_{k0})\| \|S_{C_k}\| \|G_{C_k}\| + \|S_{C_k}\|^2 \|G_{C_k}\|^2 \|P\| +$$

$$+ \sum_{l=1}^p \frac{(\tau_k - \tau_{k-1})^l}{l!} \left(\|F_{A_0}\| + 2\|S_A\| \|G_A\| \right)^l - \|F_{A_0}\|^l \|P\| < \lambda_m(Q_0), \quad k \in N,$$

$$\left(\|F_{A_0}\| + 2\|S_A\| \|G_A\| \right)^{p+1} - \|F_{A_0}\|^{p+1} \leq \frac{\lambda_m((-1)^{p+1} F_{A_0}^{p+1} P)}{\|P\|}.$$

Тогда система (1) будет робастно устойчивой.

Доказательство. Обозначим $L_1 = \|A\|$. Пусть ε – произвольное положительное число и

$$\|x(t_0)\| < \delta(\varepsilon), \quad \delta(\varepsilon) = \sqrt{\frac{\lambda_m(P)}{\lambda_M(P)} \frac{\varepsilon^{-4L_1\theta}}{1+L}},$$

где $\theta = \max\{\theta_2, \tau_1 - t_0\}$. Предположим, что существует момент времени $t^* > t_0$ такой, что

$$\|x(t)\| < \varepsilon, \quad t \in [0, t^*), \quad \|x(t^*)\| \geq \varepsilon.$$

Можно считать, что $t^* > \tau_1$. Обозначим через k_0 наибольшее натуральное число, такое, что $t^* > \tau_{k_0}$. Если $k_0 \geq 2$, то

$$v(x(\tau_{k_0} + 0)) = v(x(\tau_1 + 0)) + \sum_{l=2}^{k_0} [v(x(\tau_l + 0)) - v(x(\tau_l)) + v(x(\tau_l)) - v(x(\tau_{l-1} + 0))].$$

Введем к рассмотрению функции $V_k(x)$, $k \in N$.

$$V_k(x) = x^T \left(\sum_{l=1}^p (-1)^l \frac{(\tau_k - \tau_{k-1})^l}{l!} F_{A_0 + \Delta A}^l P \right) x.$$

Рассмотрим разность

$$\begin{aligned} v(x(\tau_l + 0)) - v(x(\tau_{l+1})) &= x^T(\tau_{l+1}) F_{A_0 + \Delta A} P x(\tau_{l+1}) (\tau_l - \tau_{l+1}) + \dots + \\ &+ \frac{1}{p!} x^T(\tau_{l+1}) F_{A_0 + \Delta A}^p P x(\tau_{l+1}) (\tau_l - \tau_{l+1})^p + \\ &+ \frac{(-1)^{p+1}}{(p+1)!} x^T(c_l) F_{A_0 + \Delta A}^{p+1} P x(c_l) (\tau_{l+1} - \tau_l)^{p+1} \geq V_{l+1}(x(\tau_{l+1})), \end{aligned}$$

где $c_l \in (\tau_l, \tau_{l+1})$.

Покажем далее, что выполняется оценка $x^T(c_l)(-1)^{p+1} F_{A_0 + \Delta A}^{p+1} P x(c_l) > 0$. В самом деле, учитывая условие теоремы, получаем цепочку неравенств

$$\begin{aligned} x^T(c_l)(-1)^{p+1} F_{A_0 + \Delta A}^{p+1} P x(c_l) &= x^T(c_l)((-1)^{p+1} F_{A_0}^{p+1} P + (-1)^{p+1} (F_{A_0}^{p+1} - F_{A_0}^{p+1}) P) x(c_l) \geq \\ &\geq \left(\lambda_m((-1)^{p+1} F_{A_0}^{p+1} P) - \left\| (F_{A_0} + F_{\Delta A})^{p+1} - F_{A_0}^{p+1} \right\| \|P\| \right) \|x(c_l)\|^2 \geq \\ &\geq \left(\lambda_m((-1)^{p+1} F_{A_0}^{p+1} P) - \left(\|F_{A_0}\| + 2\|\Delta A\| \right)^{p+1} - \|F_{A_0}\|^{p+1} \right) \|P\| \|x(c_l)\|^2 \geq 0. \end{aligned}$$

Тогда при $k_0 \geq 2$ с учетом полученных выше оценок получаем

$$v(x(\tau_{k_0} + 0)) \leq v(x(\tau_1 + 0)) + \sum_{i=2}^{k_0} [-V_i(x(\tau_i)) + v(x(\tau_i)) + \bar{C}_k x(\tau_i) - v(x(\tau_i))]. \quad (5)$$

Оценим сверху разницу

$$\begin{aligned} v(x + \bar{C}_k x) - v(x) &= x^T (I + C_{k_0} + \Delta C_k)^T P (I + C_{k_0} + \Delta C_k) x - x^T P x = \\ &= x^T ((I + C_{k_0})^T P (I + C_{k_0}) - P) x + x^T (\Delta C_k)^T P (I + C_{k_0}) x + x^T (I + C_{k_0})^T P \Delta C_k x + \\ &+ x^T (\Delta C_k)^T P (\Delta C_k) x \leq x^T ((I + C_{k_0})^T P (I + C_{k_0}) - P) x + \\ &+ 2\|P(I + C_{k_0})\| \|\Delta C_k\| \|x\|^2 + \|\Delta C_k\|^2 \|P\| \|x\|^2 \leq \\ &\leq x^T ((I + C_{k_0})^T P (I + C_{k_0}) - P) x + 2\|P(I + C_{k_0})\| \|S_{C_k}\| \|G_{C_k}\| \|x\|^2 + \|S_{C_k}\|^2 \|G_{C_k}\|^2 \|P\| \|x\|^2. \end{aligned}$$

Оценим выражение для $-V_k(x)$:

$$\begin{aligned} -V_k(x) &\leq x^T \left(\sum_{l=1}^p (-1)^{l+1} \frac{(\tau_k - \tau_{k-1})^l}{l!} F_{A_0}^l P \right) x + \\ &+ \sum_{l=1}^p \frac{(\tau_k - \tau_{k-1})^l}{l!} \left((\|F_{A_0}\| + \|F_{\Delta A}\|)^l - \|F_{A_0}\|^l \right) \|P\| \|x\|^2. \end{aligned}$$

Таким образом, учитывая предположение 1, получаем оценку

$$\begin{aligned} -V_k(x) + v(x + \bar{C}_k x) - v(x) &\leq -x^T Q_0 x + \left(2\|P(I + C_{k_0})\| \|S_{C_k}\| \|G_{C_k}\| + \|S_{C_k}\|^2 \|G_{C_k}\|^2 \|P\| + \right. \\ &+ \left. \sum_{l=1}^p \frac{(\tau_k - \tau_{k-1})^l}{l!} \left((\|F_{A_0}\| + 2\|S_{\Delta}\| \|G_{\Delta}\|)^l - \|F_{A_0}\|^l \right) \|P\| \right) \|x\|^2. \end{aligned}$$

Из неравенства (5) и условия теоремы следует, что при $k \in N$.

$$v(x(\tau_k + 0)) \leq v(x(\tau_1 + 0)). \quad (6)$$

Используя (6) получаем цепочку неравенств

$$\begin{aligned} \lambda_m(P)\varepsilon^2 e^{-2L_1\theta} &\leq \lambda_m(P)\|x(t^*)\|^2 e^{-2L_1\theta} \leq \lambda_m(P)\|x(\tau_{k_0} + 0)\|^2 \leq v(x(\tau_{k_0} + 0)) \leq \\ &\leq v(x(\tau_1 + 0)) \leq \lambda_M(P)\|x(\tau_1 + 0)\|^2 \leq \lambda_M(P)(1+L)^2\|x(\tau_1)\|^2 \leq \\ &\leq \lambda_M(P)(1+L)^2 e^{2L_1\theta}\|x_0\|^2 < \lambda_m(P)\varepsilon^2 e^{-2L_1\theta}. \end{aligned}$$

Полученное противоречие доказывает устойчивость системы (1).

Рассмотрим вопрос об асимптотической устойчивости системы (1). Покажем, что $\|x(t)\| \rightarrow 0$ при $t \rightarrow \infty$. Рассмотрим последовательность $\{x(\tau_k + 0)\}_{k=1}^\infty$. По доказанному выше, эта последовательность является невозрастающей, поэтому существует число $\alpha \geq 0$ такое, что

$$\alpha = \lim_{k \rightarrow \infty} v(x(\tau_k + 0)) = \inf_k v(x(\tau_k + 0)) \geq 0.$$

Отметим, что если $\alpha > 0$, то $\inf_k \|x(\tau_k + 0)\| = \beta > 0$. Поэтому, учитывая неравенство (5) и условия теоремы, получаем при $k \geq 2$

$$\begin{aligned} \alpha \leq v(x(\tau_k + 0)) &\leq -\sum_{l=2}^k \lambda_m(Q_0) \left(\frac{\|x(\tau_k + 0)\|}{1+L} \right)^2 + v(x(\tau_1 + 0)) \leq \\ &\leq -(k-1)\lambda_m(Q_0) \left(\frac{\beta}{1+L} \right)^2 + v(x(\tau_1 + 0)). \end{aligned}$$

При достаточно большом k приходим к противоречию, т.е.

$$\lim_{k \rightarrow \infty} v(x(\tau_k + 0)) = 0.$$

Если обозначить $\gamma = \overline{\lim}_{k \rightarrow \infty} \|x(\tau_k + 0)\|$, то $\gamma = 0$ и применение неравенства Гронуолла-Беллмана завершает доказательство теоремы. Теорема доказана.

Следствие 1. Пусть для некоторого $p \geq 1$ выполняется предположение 1 и справедливы оценки

$$\begin{aligned} &2\|P(I + C_{k_0})\| \|S_{C_k}\| \|G_{C_k}\| + \|S_{C_k}\|^2 \|G_{C_k}\|^2 \|P\| + \\ &+ \sum_{l=1}^p \frac{(\tau_k - \tau_{k-1})^l}{l!} 2^l (\|A_0\| + \|S_A\| \|G_A\|)^l - \|A_0\|^l \|P\| < \lambda_m(Q_0), \quad k \in N, \end{aligned}$$

$$\left(\|F_{A_0}\| + 2\|S_A\| \|G_A\|\right)^{p+1} - \|F_{A_0}\|^{p+1} \leq \frac{\lambda_m((-1)^{p+1} F_{A_0}^{p+1} P)}{\|P\|}.$$

Тогда система (1) будет робастно устойчивой.

Следствие 2. Пусть для некоторого $p \geq 1$ выполняется предположение 1 и справедливы оценки

$$\begin{aligned} & 2\|P(I + C_{k0})\| \|S_{C_k}\| \|G_{C_k}\| + \|S_{C_k}\|^2 \|G_{C_k}\|^2 \|P\| + \\ & + e^{\|F_{A_0}\|(\tau_k - \tau_{k-1})} \|P\| (e^{2\|S_A\| \|G_A\|(\tau_k - \tau_{k-1})} - 1) < \lambda_m(Q_0), \quad k \in N, \\ & \left(\|F_{A_0}\| + 2\|S_A\| \|G_A\|\right)^{p+1} - \|F_{A_0}\|^{p+1} \leq \frac{\lambda_m((-1)^{p+1} F_{A_0}^{p+1} P)}{\|P\|}. \end{aligned}$$

Тогда система (1) будет робастно устойчивой.

Рассмотрим далее некоторые модификации полученных выше результатов.

Предположение 2. Предположим, что для заданной симметричной положительно-определенной матрицы $Q_0 = Q_0^T$ существует симметричная положительно-определенная матрица $P = P^T$, удовлетворяющая неравенствам

$$\begin{aligned} & \sum_{l=0}^p \frac{(\tau_{k+1} - \tau_k)^l}{l!} (I + C_{k0}^T) F_{A_0}^l P (I + C_{k0}) - P \leq -Q_0, \quad k \in N, \\ & F_{A_0}^{p+1} P \leq 0. \end{aligned}$$

Теорема 2. Пусть для некоторого $p \geq 1$ выполняется предположение 2 и справедливы оценки

$$\begin{aligned} & \sum_{l=1}^p \frac{(\tau_{k+1} - \tau_k)^l}{l!} \left[\left(\|F_{A_0}\| + 2\|S_A\| \|G_A\| \right)^l - \|F_{A_0}\|^l \right] \times \\ & \times \left(\|S_{C_k}\| \|G_{C_k}\| \|I + C_{k0}\| \|P\| + \|S_{C_k}\|^2 \|G_{C_k}\|^2 \|P\| + \|I + C_{k0}\|^2 \|P\| \right) + \\ & + 2\|S_{C_k}\| \|G_{C_k}\| \|F_{A_0}^l P\| \|I + C_{k0}\| + \|S_{C_k}\|^2 \|G_{C_k}\|^2 \|F_{A_0}^l P\| + \\ & + 2\|P(I + C_{k0})\| \|S_{C_k}\| \|G_{C_k}\| + \|S_{C_k}\|^2 \|G_{C_k}\|^2 \|P\| \leq \lambda_m(Q_0), \quad k \in N, \\ & \left(\|F_{A_0}\| + 2\|S_A\| \|G_A\| \right)^{p+1} - \|F_{A_0}\|^{p+1} \leq -\frac{\lambda_M(F_{A_0}^{p+1} P)}{\|P\|}. \end{aligned}$$

Тогда система (1) будет робастно устойчивой.

Предположение 3. Предположим, что для заданной симметричной положительно-определенной матрицы $Q_0 = Q_0^T$ существует симметричная положительно-определенная матрица $P = P^T$, удовлетворяющая неравенствам

$$\sum_{s=1}^{p+1} (-1)^s \frac{(\tau_{k+1} - \tau_k)^s}{s!} F_{A_0}^s P + (C_{k_0} + I)^T P(I + C_{k_0}) - P \leq -Q_0, \quad k \in N.$$

Обозначим через $\Lambda(\cdot)$ логарифмическую матричную меру, которая для любой матрицы $A \in R^{n \times n}$ и фиксированной матричной нормы определяется как предел [15]

$$\Lambda(A) = \lim_{h \rightarrow 0+0} \frac{\|I + hA\| - 1}{h}, \quad I - \text{единичная матрица.}$$

Очевидно, что

$$\Lambda(\alpha A) = \alpha \Lambda(A), \quad \alpha \geq 0; \quad |\Lambda(A)| \leq \|A\|;$$

$$\Lambda(A+B) \leq \Lambda(A) + \Lambda(B); \quad |\Lambda(A) - \Lambda(B)| \leq \|A - B\|.$$

Вместе с тем матричная мера Λ не является нормой, так как может принимать отрицательные значения. Для этой меры справедливы оценки

$$e^{-\Lambda(-A)} \leq \|e^A\| \leq e^{\Lambda(A)},$$

и формула

$$\Lambda(A) = \lim_{h \rightarrow 0+0} \frac{\|e^{hA}\| - 1}{h}.$$

Теорема 3. Пусть для некоторого $p \geq 1$ выполняется предположение 3 и справедливы оценки

$$\begin{aligned} & 2\|P(I + C_{k_0})\| \|S_{C_k}\| \|G_{C_k}\| + \|S_{C_k}\|^2 \|G_{C_k}\|^2 \|P\| + \\ & + \sum_{s=1}^p \frac{(\tau_k - \tau_{k-1})^s}{s!} \left(\|F_{A_0}\| + 2\|S_A\| \|G_A\|^s - \|F_{A_0}\|^s \right) \|P\| + \\ & + \frac{\left(\|F_{A_0}\| + 2\|S_A\| \|G_A\| \right)^{p+1}}{(p+1)!} e^{2\Lambda(A_0)(\tau_{k+1} - \tau_k)} e^{2\|S_A\| \|G_A\|(\tau_{k+1} - \tau_k)} \|P\| < \lambda_m(Q_0), \quad k \in N. \end{aligned}$$

Тогда система (1) будет робастно устойчивой.

Если положить $p = +\infty$, то из Теоремы 3 непосредственно вытекает следствие.

Следствие 3. Пусть для некоторого $p \geq 1$ выполняется предположение 3 и справедливы оценки

$$\begin{aligned} & e^{-A_0^T(\tau_{k+1} - \tau_k)} P e^{-A_0(\tau_{k+1} - \tau_k)} + (I + C_{k_0})^T P(I + C_{k_0}) - 2P \leq -Q_0, \\ & 2\|P(I + C_{k_0})\| \|S_{C_k}\| \|G_{C_k}\| + \|S_{C_k}\|^2 \|G_{C_k}\|^2 \|P\| + \\ & + e^{\|F_{A_0}\|(\tau_k - \tau_{k-1})} \|P\| \left(e^{2\|S_A\| \|G_A\|(\tau_k - \tau_{k-1})} - 1 \right) \leq \lambda_m(Q_0), \quad k \in N. \end{aligned}$$

Тогда система (1) будет робастно устойчивой.

Заключение. В работе на основе развития прямого метода Ляпунова получены достаточные условия робастной (интервальной) устойчивости экономических систем с параметрической неопределенностью, математическими моделями которых являются линейные системы дифференциальных уравнений с неперiodическим импульсным воздействием. Проверка полученных критериев робастной устойчивости во многих конкретных случаях не является затруднительной, так как проблема робастной устойчивости сведена к вопросу совместности некоторой системы линейных матричных неравенств и выполнению алгебраических неравенств, а решение этих задач алгоритмизировано в соответствующих системах компьютерной математики.

Список использованной литературы:

1. Гусев Ю.М., Ефанов В.Н., Крымский В.Г., Рутковский В.Ю. Анализ и синтез линейных интервальных динамических систем (состояние проблемы). II. Анализ устойчивости интервальных матриц и синтез робастных регуляторов // Техническая Кибернетика. – 1991, № 2. – С. 3–30.
2. Цыпкин Я. З., Поляк Б. Т. Частотные критерии робастной устойчивости линейных дискретных систем // Автоматика (Киев). – 1990, № 4. – С. 3–9.
3. Бобылев Н.А., Булатов А.В. О робастной устойчивости линейных дискретных систем // Автоматика и телемеханика. – 1998, № 8. – С. 138–145.
4. Самойленко А.М., Перестюк Н.А. Дифференциальные уравнения с импульсным воздействием. К.: Вища школа, 1987.
5. Lakshmikantham V., Bainov D.D., Simeonov P.S. Theory of impulse differential equations. World Scientific, Singapore, 1989.
6. Dvirnyi A.I., Slyn'ko V.I. Stability of solutions to impulsive differential equations in critical cases // Siberian Math. J. – 2011. – vol. 52, № 1. – pp. 54–62.
7. Двирный А.И., Слынько В.И. Об устойчивости линейных импульсных систем относительно конуса // Доповіді НАН України. – 2004, № 4. – С. 42–48.
8. Liu B., Liu F. Robustly global exponential stability of time-varying linear impulsive systems with uncertainty // Nonlinear

- Dynamics and Systems Theory. – 2007. – 7, №1. – pp. 187–195.
9. Liu, B., X. Liu, and X. Liao, Robust stability of uncertain impulsive dynamical systems // J. Math. Anal. Appl. – 2004. – vol. 290. – pp. 519–533.
10. Slyn'ko V.I., Denisenko V.S. Robust stability of systems of linear differential equations with periodic impulsive influence // Automation and Remote Control.– 2012. – vol. 73, № 6. – pp. 1005–1015.
11. Денисенко В.С., Слынько В.И. Устойчивость нестационарных моделей Такаги-Сугено с импульсным воздействием // Збірник праць Інституту математики НАН України.–2010. – Т.7, № 3. – С. 120–132.
12. Denisenko V.S., Slyn'ko V.I. Impulsive stabilization of mechanical systems in Takagi–Sugeno models // Int. Appl. Mech. – 2009. – vol. 45, № 10. –pp. 1127–1140.
13. V.S., Martynyuk A.A., Slyn'ko V.I. Stability Analysis of Impulsive Takagi–Sugeno Systems // Int. J. of Innovative Computing, Information and Control. – 2009. – vol. 5, N 10(A). – PP. 3141–3155.
14. Двирный А.И., Слынько В.И. Аналог критического случая Каменкова для систем дифференциальных уравнений с импульсным воздействием // Сиб. журн. индустр. матем. – 2012. – 15, №1. – с. 22–33.
15. Далецкий Ю.Л., Крейн М.Г. Устойчивость решений дифференциальных уравнений в банаховом пространстве. М.: Наука, 1970.

ИСТОРИКО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО ВЗАИМОПОНИМАНИЯ В МАТЕМАТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ СЛОЖНОСТИ

В. М. Сапцин

г. Кременчуг, Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского

«Математическая теория, используемая экономистами до настоящего времени – это теория вероятности и теория оптимизации. Эти теории не могут объяснить

те существенные изменения, которые принесла компьютеризация, точно так же, как в начале 20-го столетия классическая физика не смогла интерпретировать новые эксперименты».

В. Маслов, «Пороговые уровни в экономике», 2009 [1].

Введение. История, в том числе и история науки, включая такие ее разделы, как физика, математика, экономика, психология, «учит, что она ничему не учит». И очень часто новое - это хорошо забытое старое, предложенное в «нужное» время и в «нужном» месте. И еще это лотерея, требующая от ученого упрямой настойчивости (иногда длиною в жизнь) и сопровождающаяся риском прослыть «не от мира сего».

Убедиться в этом можно, покопавшись в истории открытия евклидовой и неевклидовой геометрий, законов небесной механики, теории относительности. Стоит вспомнить историю становления квантовой механики (в философских аспектах не завершившегося до сих пор) и современной психологии, кибернетики и генетики. Наконец, нельзя не отметить непрекращающиеся попытки найти «краеугольный камень» экономической науки, который позволил бы если не избежать, то хотя бы предсказывать уже ставшие традиционными мировые и региональные кризисы.

Что касается научного моделирования происходящих в природе и обществе процессов, в том числе и средствами математики, то доминирующее положение в нем занимает классическая парадигма о первичности понятия **состояния** (и связанного с ним понятия **величины**), которая своими корнями восходит к ньютоновской механике и дифференциально-интегральному исчислению Ньютона-Лейбница. Такое доминирование обусловлено потрясающим успехом их приложений, позволивших цивилизации пройти путь от средневековой телеги до современного космического корабля.

Подобный успех **длинно в несколько сот лет** не мог не оказать, и действительно оказал существенное влияние на формирование **базовых концепций** во всех без исключения сферах человеческой деятельности.

Первую «брешь» в устоявшемся мировоззрении в начале

прошлого века пробили физики созданием теории относительности и квантовой механики. Казавшиеся незыблемыми понятия времени, расстояния и массы оказались зависимыми от системы отсчета, электрон в некоторых случаях стал проявлять волновые свойства, а электромагнитная волна - вести себя как поток частиц. Мировая научная элита, включая создателей новой науки, «забилась» в попытках описать *старым* языком *новые* экспериментальные и теоретические факты. Но сформировать общепризнанное и цельное, с философской точки зрения, мировоззрение, с тех пор так и не удалось. Вряд ли следует считать целостными и понятными утверждения, касающиеся вероятностного характера новой физики, соотношений неопределенности и дуализма «волна-частица», а также принципа дополнителности в теории измерений. С этим можно и не согласиться, однако факт, что дискуссии на эти темы [2,3], включая происхождение пространства и времени [4-8], длятся уже больше столетия, причем часто по принципу «чем дальше в лес, тем больше дров...» [9,10].

Обсуждая первоосновы, уместно вспомнить, что в теории элементарных частиц, которая по определению является и квантовой и релятивистской одновременно, вопрос о том, из чего состоит частица, лишен смысла. Тем самым в микромире лишается смысла и утверждение «целое состоит из частей», или, если говорить математическим языком, «множество состоит из элементов». А ведь эти понятия («множество» и «элемент множества») являются ключевыми для всей классической математики! И это с ее помощью (правда, используя возможности современных информационных технологий) ученые (и не только) пытаются описывать (и не только описывать, но и, соответствующим образом управляя, изменять) все происходящее в этом мире! Конечно, есть и другие, более «демократичные» математические школы и направления, например, менее традиционная конструктивная математика [11]. Но подобные течения уже, как говорят, не «mainstream», и не так-то просто бывает разобраться в целесообразности их использования (не всегда из-за деревьев виден лес). С другой стороны, и в этих направлениях классическая «абстрактно-аксиоматическая» инерция все еще бывает велика.

Постановка задачи. Проблема «донесения». Четыре года

назад на традиционных весенних экономических конференциях КИ ДУЭП (ныне Кременчугский институт Днепропетровского университета им. А. Нобеля) и ЧНУ им. Б. Хмельницкого была предложена новая парадигма эконофизического моделирования сложных систем. В мотивационном плане парадигма существенно опиралась на уже сформировавшуюся методологию релятивистской квантовой физики. Ключевым в этой парадигме явилось утверждение, что *первичным* понятием следует считать *процедуру* (измерение, наблюдение, алгоритм, процесс), а *вторичным* - *результат, его и определяемый*, имеющий то или иное формальное выражение. В опубликованной тогда же монографии [12,13] было проведено подробное обоснование предложенной парадигмы со ссылками на фундаментальные работы в области теоретической физики, математики, экономики, психологии, системного анализа, эконофизики и других традиционных и междисциплинарных направлений.

Тогда нам казалось, что столь очевидные предложения, разрешающие концептуальные проблемы и философские парадоксы в ряде научных дисциплин, не могут быть не восприняты научным сообществом. Но, как оказалось, спустя время, *всерьез* высказанные идеи не заинтересовали ни физиков, ни математиков, ни экономистов. Причин может быть множество, как субъективных, так и объективных, но, независимо от характера причин, имеет место серьезная проблема, анализу которой данная работа и посвящена.

Историко-психологические причины и корни междисциплинарного непонимания. За несколько лет до публикаций [12,13] автор, штудировав энциклопедически эрудированного классика современной психологии С.Л. Рубинштейна [14], обратил внимание на полное отсутствие в его текстах математических формул. И это при том, что будущий ученый, обучаясь в Германии еще в начале прошлого века, получил фундаментальное образование не только по философии, психологии, естествознанию, но и по математике. Первоначальное удивление со временем сменилось пониманием, что язык общепринятой математики неадекватен обсуждаемым в [14] проблемам. Это, скорее всего, сознавал и Рубинштейн, осуществляя «гуманитарную», но обстоятельную и конструктивную критику концеп-

ций и взглядов ученых и философов, начиная с древности и заканчивая нашим временем.

Если кратко, то суть критики Рубинштейна сводилась к неудовлетворенности понятиями «состояние» (что-то «застывшее», неизменное) и «функциональная зависимость» (фактически равенство, т.е. одинаковость двух состояний, описанных разными способами), используемыми в качестве базовых элементов для отображения *динамически развивающегося и усложняющегося разнообразия* природы и общества.

Все, что оставалось сделать авторам работы [12,13] – после многочисленных дискуссий и осознания фундаментального характера и важности критики Рубинштейна - это попытаться внедрить идею приоритета *действия*, выношенную ученым-психологом, в *другие*, более насыщенные математикой, предметные области.

С целью убедиться в наличии здравого смысла в новой парадигме, которая фактически опирается на древнюю мудрость: «в одну и ту же реку нельзя войти дважды», проводились своеобразные натурные психологические эксперименты. Автор многократно и в самой разной студенческой аудитории, не слишком «зашоренной» догмами классического моделирования (как физического, так и математического), тестировал следующую цепочку рассуждений:

1) Существует ли что-то, что абсолютно не меняется во времени? – Нет.

2) Может ли быть известно точное значение какой-либо величины до ее измерения? – Нет.

3) Можно ли какое бы то ни было измерение произвести мгновенно? – Нет.

4) Можно ли в таком случае измеренное значение величины считать ее истинным «мгновенным» значением? – Нет.

5) Может ли процедура измерения (даже если мы просто «посмотрели»), абсолютно не влиять на результат? – Нет.

6) Так следует ли понятие величины, как результата измерения (и логически, и с точки зрения здравого смысла), всегда и всюду считать первичным и приоритетным понятием? – Нет.

7) Тогда можно ли в качестве разумной альтернативы гипотезе о первичности понятия величины (*парадигма состояния*) принять гипотезу о первичности понятия процедуры

(*парадигма действия*), тем более что при этом автоматически разрешается множество философских и не только парадоксов? – Наверное, да...

Например, принятие парадигмы действия в квантовой физике разрешает ЭПР-парадокс (значение физической величины в общем случае не существует до ее измерения) [15].

В астрофизике парадигма действия дает возможность объяснить, почему неустойчивость космологических моделей нашей Вселенной к малейшим изменениям значений фундаментальных констант [9] в действительности не реализуется (значения физических констант являются следствием процесса - космологического развития нашей Вселенной, а не наоборот).

Подобного рода парадоксальных примеров из разных областей – экономики, психологии, спортивной метрологии и т.д. можно привести достаточно много.

Ради объективности следует отметить, что один только перечень литературы в [12,13], состоящий из 130-ти «разношерстных» наименований, от сказки «Золотой ключик или приключения Буратино» А. Толстого до нашумевшей релятивистской квантовой «Исключительно простой теории всего» Э. Лизи – уже достаточный повод для того, чтобы эти публикации были проигнорированы теми научными кругами, для которых они предназначались.

Да, обсуждаемая научная работа не совсем традиционна, и построена не в соответствии с общепринятыми канонами, но проблема не только в этом.

Если музыка содержит слишком много нового, то она звучит как какофония. Сколько времени и сил потратил величайший композитор своей эпохи Иоганн Себастьян Бах (см. его «Хорошо темперированный клавир»), чтобы ввести в музыкальный обиход новый, ныне общепринятый, музыкальный строй!

В качестве другого примера проблемы «донесения» нового можно привести «слова известного композитора Николая Метнера, когда он прослушал «Стальной скок» Сергея Прокофьева: «Если это музыка, то я – не музыкант».

Заметим, что последний пример для обсуждаемой проблемы имеет «двойное дно», так как это еще и чисто «гуманитарная» цитата из введения к основному тексту монографии

В.П. Маслова [16], посвященной очень непростой физико-математической теории. В этом введении он, так же как и автор настоящей работы, пытается хоть как-то привлечь внимание к перманентно-актуальной проблеме достижения взаимопонимания среди ученых, говорящих на разных узкопрофессиональных языках (жаргонах), в процессе рождения новых научных направлений.

Мульти-дисциплинарный подход и его особенности на современном этапе развития науки. Цель данного исследования в том и состоит, чтобы вскрыть глубинные причины упомянутого выше, регулярно повторяющегося в истории науки (и не только), явления. В народе оно широко известно как танец на «граблях». И хотя трудности закаляют, а история ничему не учит, мы все-таки *пытаемся*, проводя историко-психологический анализ личностных примеров, наметить *новые* пути решения *очень старых* проблем.

Подчеркнем, что подобные исследования, если мы собираемся хоть в какой-то мере рассчитывать на успех, должны быть заведомо междисциплинарными. При этом достичь положительного результата в рамках только, образно выражаясь, «двухчастичного» подхода (например, физическая экономика, экономическая психология, математическая экономика и т.д.) вряд ли удастся.

Однако даже двухчастичные подходы обычно встречаются в «штыки», если затрагивается «святое и неприкосновенное» (классический пример – математическая физика, обсуждаемая В.П. Масловым [16], в этой области отнюдь не дилетантом), не говоря уже о трехчастичных и более сложных объединениях. Естественная, на наш взгляд, «физико-математическая экономика» или «физико-математическая психология» даже не «гуляются», а ведь, по сути, именно их («четырёхчастичным») стыком уже больше двадцати лет академик В.П. Маслов и занимается. И, судя по конечным результатам – пока не очень успешно (его *не хотят, не могут* или *не считают нужным «услышать»* [1,17,18]). При этом в двух областях – математике и теоретической физике - Маслов уже вошел в историю мировой науки [16], а его эконофизические работы по прогнозированию кризисов 1991, 1998 и 2008 годов давно должны были быть отмечены нобелевской премией по экономике.

Что уж тогда говорить об авторских попытках, пусть и локально успешных, серьезно углубиться в основания и стыки как названных выше, так и других научных направлений и дисциплин. Степень их восприятия даже подготовленной аудиторией иногда оставляет желать лучшего (см., например, [19]). Хотя такие попытки, и их немало [20-30], в силу физического и прежде всего экспериментального образования автора, изначально всегда были обусловлены сугубо практическими и конкретными проблемами. Как правило, решались «нерешаемые» (по выражению профессора В.Л. Бонч-Бруевича) теоретические задачи, каждая из которых требовала разработки оригинального метода, не имеющего аналогов и классического обоснования. Осознание того, что эти разработки можно и нужно рассматривать как «кирпичики» и одновременно как примеры практической реализации обсуждаемой парадигмы действия, пришло к автору гораздо позже, уже после публикации работ [12,13].

Не хотелось бы, чтобы упоминаемые здесь «вехи» авторского пути в науке, тем более приводимые наряду с цитатами из работ и биографических заметок ученых с мировым именем, воспринимались как элементы саморекламы или желание «погреться» в лучах чужой славы. Житейский опыт, зрелый возраст, а также обсуждаемая парадигма, которой автор придерживается и в повседневной жизни (первичен и интересен *процесс*, а не его уже *достигнутый результат*), позволяют относиться к земным почестям достаточно философски. С другой стороны, в психологии *принято* в качестве экспериментального материала использовать результаты наблюдений и экспериментирования над собой, своими детьми (причем с самого рождения), близкими, друзьями, коллегами по работе и т.д. и т.п., и это *нормально*.

Мы считаем, что такого рода *историко-психологический анализ каждого авторского пути* – необходимая или, по крайней мере, очень полезная составляющая решения проблемы «донесения» новых стыковых результатов [31]. А, следовательно, и их эффективного использования, не зависимо от того, кем и в какой области научной деятельности они получены.

С другой стороны, такой анализ может помочь существен-

но уменьшить поток конъюнктурных работ, в том числе и диссертаций, выполненных «под заказ» (особенно актуально для стран бывшего Советского Союза). К счастью, или нет, но чудес в науке не бывает – каждый действительно новый результат обязательно имеет свои корни не только в научной среде, окружающей автора, но и в его личной истории.

Заключение. Изложенным выше пока и ограничимся. Мы надеемся, что данная работа, которая отнюдь не претендует на полноту и истину в последней инстанции, послужит отправной точкой для проведения дальнейших историко-психологических «мульти-стыковых» исследований в направлении, обозначенном академиком В.П. Масловым еще в прошлом столетии, и поможет ускорить процесс внедрения в научный обиход новых подходов и идей.

В заключение автор выражает глубокую благодарность В.Н. Соловьеву, д.ф.-м.н., профессору, заведующему кафедрой экономической кибернетики ЧНУ им. Б. Хмельницкого, без многолетней поддержки которого как эта, так и многие другие работы экономической, экономофизической и философской направленности вряд ли увидели бы свет.

Список использованной литературы:

1. Maslov V. P. Threshold levels in Economics [Электронный ресурс] / Maslov V. P. // arXiv:0903.4783v1 [q-fin.ST] 27 Mar 2009. – Режим доступа: <http://arxiv.org/pdf/0903.4783v1.pdf>.
2. Dumitru S. Uncertainty relations or correlation relations? / S. Dumitru // Epistemological Letters. – 1977. - Issue 15. - P. 1-78.
3. Dumitru S. Reconsideration of the Uncertainty Relations and Quantum Measurements / S. Dumitru // Progress in Physics. – 2008. - V.2. - P. 50-68.
4. Владимиров Ю. С. Реляционная теория пространства-времени и взаимодействий. Часть 1 / Ю. С. Владимиров. - М.: Изд. МГУ, 1996. – 262 с.
5. Владимиров Ю. С. Реляционная теория пространства-времени и взаимодействий. Часть 2 / Ю. С. Владимиров. - М.: Изд. МГУ, 1998. – 448 с.
6. Владимиров Ю. С. Метафизика / Ю. С. Владимиров. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. - 2002. - 550 с.
7. Владимиров Ю.С. Бинарная геометрофизика [Элект-

ронный ресурс] / Ю.С. Владимиров. - «Академия Тринитаризма», М., Эл № 77-6567, публ.11617, 01.11.2004. Режим доступа: <http://www.trinitas.ru/rus/doc/0231/008a/02310040.htm>

8. Владимиров Ю.С. Основания физики. - М.: Изд-во БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. - 456 с.

9. Каку М. Параллельные миры: об устройстве мироздания, высших измерениях и будущем Космоса / М. Каку [Перев. с англ.] — М.: ООО Издательство «София», 2008. – 416 с.

10. Каку М. Физика невозможного / М. Каку [Перев. с англ.] - М: Альпина нон-фикшн, 2009. - 456 с.

11. Марков А. А. Избранные труды. Т. II. Теория алгоритмов и конструктивная математика, математическая логика, информатика и смежные вопросы / А. А. Марков. — М.: Изд-во МЦНМО, 2003. – 626 с.

12. Сапцин В.М. Релятивистская квантовая эконофизика. Новые парадигмы моделирования сложных систем. Монография / В.М. Сапцин, В.Н. Соловьев. - Черкассы: Брама-Украина, 2009. – 64 с.

13. Sapsin V. Relativistic quantum econoohysics – new paradigms in complex systems modelling [Электронный ресурс] / V. Sapsin, V. Soloviev // arXiv:0907.1142v1 [physics.soc-ph] 7 Jul 2009. – Режим доступа: <http://arxiv.org/pdf/0907.1142.pdf>.

14. Рубинштейн С.Л. Основы общей психологии / С.Л. Рубинштейн. – СПб.: Питер, 2007. – 713 с.

15. Нильсен М. Квантовые вычисления и квантовая информатика: Пер. с англ. / М. Нильсен, И. Чанг. – М.: Мир, 2006 г. – 824 с.

16. Маслов В.П. Квантование термодинамики и ультравторичное квантование / В. П. Маслов. — М.: Институт компьютерных исследований, 2001. – 384 с.

17. Ленинский проспект, 14: тупик имени Осипова [Электронный ресурс] // Новая газета. Общество / Выпуск № 26 от 22 мая 2008 г. - Режим доступа: <http://www.novayagazeta.ru/society/40138.html>.

18. Maslov V. Probability Theory Compatible with the New Conception of Modern Thermodynamics. Economics and Crisis of Debts [Электронный ресурс] / V. Maslov // arXiv:1202.5257v1 [physics.gen-ph] 22 Feb 2012. – Режим доступа: <http://128.84.158.119/abs/1202.5257v1.pdf>.

19. Сапцин В.М. Динамическая сетевая математика – взгляд из третьего тысячелетия [Электронный ресурс] / В.М. Сапцин // Режим доступа: <http://facepla.net/index.php/extreme-science-menu/792-dynamic-network-mathematics>.
20. Казанский А.Г. О соотношениях типа Крамерса-Кронига по магнитному полю / А.Г. Казанский, О.Г. Кошелев, В.М. Сапцин // ФТП – 1980 - т.14, вып.8. - С. 1650-1652.
21. Сапцин В.М. Поглощение субмиллиметрового излучения промежуточно легированным германием в гелиевом интервале температур. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата физ.-мат. наук / В.М. Сапцин. - М.: МГУ, 1981 г. – 17 с.
22. Sapsin V.M. On the homogeneous temperature depth distribution realized at pulsed laser annealing / V.M. Sapsin, A.N. Malov, D.I. Punda, T.N. Sapsina // Proc. of International Conference on Energy Pulse Modification of Semicconductors and related materials. September, 25-26, 1984. Dresden, GDR. – P. 311-315.
23. Сапцин В.М. К теории метода одностороннего активного теплового динамического ИК-контроля / В.М. Сапцин. - М.: ФИАН, 1989.- 33 с. (Препринт Физического института им. П.Н. Лебедева АН СССР, 1989-3).
24. Сапцин В.М. К проблеме выравнивания фоточувствительности приемных элементов в тепловизорах с многоэлементными матричными ИК-фотопреобразователями / В.М. Сапцин. - М.: ФИАН, 1989.- 35 с. (Препринт Физического института им. П.Н. Лебедева АН СССР, 1989-72).
25. Сапцин В.М. Анализ и теоретические оценки предельной чувствительности метода активного теплового ИК-контроля / В.М. Сапцин. - М.: ФИАН, 1989. – 36 с. (Препринт Физического института им. П.Н. Лебедева АН СССР, 1989-204).
26. Сапцин В.М. Численное моделирование и оптимизация модуляционной автокалибровки матричных ИК-преобразователей / В.М. Сапцин, В.Л. Ганжа. - Мн.: АНК «ИТМО им. А.В. Лыкова» АНБ, 1993. – 48 с. (Препринт АНК «ИТМО им. А.В.Лыкова» АНБ, 1993-4).
27. Сапцин В.М. Опыт применения генетически сложных цепей Маркова для нейросетевой технологии прогнозирования / В.М. Сапцин // Вісник Криворізького економічного інституту.

- Кривий Ріг: КЕІ КНЕУ, 2009. - Вип. 2 (18). – С. 56-66.
28. Сапцин В.М. Принцип неопределенности и проблема измеримости в спортивной педагогике и соревнованиях / В.М. Сапцин, А.Т. Циповяз // Физическое воспитание и спорт. – 2009. - В. 3. - С. 95-99.
29. Сапцин В.М. Екофізичний аналіз мережевої природи низькочастотних шумів у соціально-економічних системах / В.М. Сапцин // Вісник Черкаського університету. Серія економічні науки. – Черкаси: КНУ, 2010. – Вип. 187. – С. 108-115.
30. Soloviev V. Heisenberg uncertainty principle and economical analogues of basic physical quantities [Электронный ресурс] / V. Soloviev, V. Saptsin // arXiv:1111.5289v1 [physics.gen-ph] 10 Nov 2011. – Режим доступа: <http://arxiv.org/pdf/1111.5289v1.pdf>.
31. Сапцин В.М. Интернет бенефис научного творчества академика Маслова В.П. [Электронный ресурс] / В.М. Сапцин // Режим доступа: <http://facepla.net/index.php/extreme-science-menu/2442-maslov-viktor-pavlovich>.

ТИПОЛОГІЯ СТАДНОЇ ПОВЕДІНКИ АГЕНТІВ НА ФІНАНСОВИХ РИНКАХ

С.В. Солодухін

м. Запоріжжя, Запорізька державна інженерна академія

Концепції класичної теорії функціонування фінансових ринків зосереджують увагу на аналізі фундаментальних факторів, проте практично не розглядають поведінкові аспекти прийняття рішень економічними агентами. Беззаперечними перевагами класичної теорії фінансів залишаються внутрішньо узгоджена методологічна основа і несуперечність взаємопов'язаного комплексу висновків, методик і рекомендацій, альтернативи яким ще не розроблено, що в значній мірі пояснює широке використання класичних моделей на практиці. На сьогодні спостерігається ускладнення основ функціонування фінансових ринків, що проявляється в зменшенні значущості фундаментального та технічного аналізу ринку. На практиці в процесі прийняття рішень суб'єкти не завжди керуються раціональними мотивами поведінки. В багатьох випадках психологічні

мотиви, обмеженість інформації, прийняття рішень іншими агентами змушує суб'єктів у прийнятті рішень відходити від раціональної стратегії поведінки й наслідувати вибору рішення інших.

Питання поведінкових особливостей прийняття рішень на фінансових ринках стали активно досліджуватися і знаходити відображення в теоретичних розробках в останні п'ятнадцять-двадцять років. В результаті сформувався самостійний напрямок в теорії фінансів, що отримав назву «поведінковий», який прагне як доповнити класичні теорії, так і запропонувати нові концепції аналізу, діагностики і прогнозування поведінки агентів на фінансових ринках. Аспекти колективної поведінки агентів досліджені в роботах Х.Лебенстайна, Л. Фестінгер, І.Джаніса, М.Грановеттера, нобелівських лауреатів Г. Саймона, Д.Аркелофа, Д. Стігліца, Т. Шеллінга, що вивчають інформаційний та психологічний вплив на прийняття рішень економічними агентами.

Низька інформаційна ефективність фондових ринків, асиметричний розподіл інформації та схильність учасників торгів до прийняття нерациональних інвестиційних рішень під впливом поведінкових факторів є одними із чинників, що спонукають агентів до масової, стадної, наслідувальної поведінки, що може приводити як до позитивних змін курсової динаміки, так і виступати причиною дестабілізації міжнародних фондових ринків.

В умовах обмежених можливостей для своєчасного одержання та обробки значних обсягів інформації спостереження за прийняттям рішень інших агентів стає основним способом вирішення проблеми вибору в умовах невизначеності. Для підвищення інформованості інвестори при підготовці рішень враховують власну апріорну інформацію, зовнішні новини, аналітичні звіти, огляди, чутки, а також спостерігають прийняття рішень іншими агентами, особливо, якщо вони мають значну (на думку інвестора) репутацію.

Стадну поведінку можна визначити як стратегію, яка полягає в наслідуванні поведінки більш досвідчених і авторитетних учасників ринку або приєднання до пануючого на ринку тренда під впливом ряду поведінкових факторів: недооцінка власних аналітичних здібностей і переоцінка аналітичних здібностей

інших інвесторів, надмірні побоювання щодо нанесення шкоди власній репутації, переоцінка достовірності та важливості інформації, якою володіють інші учасники ринку, обмеженість часу та наявних ресурсів для пошуку інформації тощо.

За класифікацію Д. Сорнетте [4] розрізняються наступні типи стадності: інформаційні каскади; репутаційна стадність; аналітична стадність; емпірична стадність.

Вперше поняття «**інформаційний каскад**» запропонували С. Бікчардані, Д. Хіршлайфер і І. Уелч в 1992 році в статті «Теорія примх, моди, звичаїв і культурних змін як інформаційних каскадів» (A theory of fads, fashion, custom, and cultural change as informational cascades) [7]. Інформаційні каскади виникають, коли люди приймають рішення послідовно (один за іншим), ігноруючи при цьому власну інформацію, спираючись на інформацію, одержану з поведінки (вибору) інших. Під інформаційним каскадом розуміється така поведінка індивіда, коли він приймає рішення не тільки на основі інформації, якою сам володіє, але і враховує те, як поступають інші агенти. Формальна модель інформаційного каскаду передбачає, що індивіди приймають рішення послідовно, тобто один за іншим, при цьому кожний наступний бачить, що зробили всі попередні, але не знає їх дійсних вподобань. Згідно базової моделі інформаційних каскадів ймовірність вибору агентом рішення з бінарної множини (купівля або продаж деякого активу) визначається з урахуванням точності сигналу і попереднього досвіду інших агентів на основі байєсівського підходу.

Базова модель інформаційного каскаду пояснює, чому ціни на деякі активи можуть рости вибухоподібно і так само вибухоподібно падати. В даному випадку ціна є шумним сигналом, який адекватно не відображає реальну вартість компаній і доходи майбутніх періодів, вона несе в собі відображення думок, емоцій і дій економічних агентів. За рахунок підвищеного попиту на актив, ціна починає здуватися, як бульбашка, відхиляючись від реальної. І незважаючи на завищену ціну, інвестори все одно продовжать купувати цей актив, сподіваючись його перепродати ще дорожче, тому попит на нього зростає. Однак, каскад не може тривати вічно - рано чи пізно на ринку з'являються агенти, які думають, що вони краще інформовані, ніж натовп, і починають вести себе по-іншому.

Каскад розвивається з більшою ймовірністю, якщо в самому початку більша кількість людей зробили однакову дію (наприклад, купили певні акції), нехай навіть всі з них діяли виключно на основі своєї приватної інформації, і ці дії виявилися однаковими абсолютно випадково. Ще більше може посилити каскад дія людини, яка вважається експертом, тому передбачається, що він володіє достовірною інформацією. У такому випадку утворюється панівний тренд, до якого починають приєднуватися інші гравці, ігноруючи свою приватну інформацію, вважаючи, що ринок інформований більше, ніж вони, тим самим виявляючи «стадне почуття». Російські дослідники Коновалов А.О. та Пакліна Т.І. [2] узагальнили підходи до аналізу інформаційних каскадів та в ході комп'ютерних експериментів визначили кількісний вплив експертів на формування каскадів.

Яскравим прикладом інформаційних каскадів може служити «стадна паніка» вкладників, яка з'являється на передодні фінансових криз і виражена в набігах на банки з метою перевести в готівку наявні запаси. Це можна вважати виникненням фінансових бульбашок, причиною яких є інформаційні каскади на базі стадної поведінки. В роботі [6] наведено відомий приклад нобелівського лауреата Д. Шиллера щодо утворення «мильної бульбашки» на ринку нерухомості, головне питання якого – чи є нерухомість відповідною за вартістю капіталовкладенням. Даний приклад заснований на отриманні певною групою людей корисних, але вкрай «зашумлених» сигналів. Кожному в групі з урахуванням певної послідовності доводиться прийняти рішення: чи вигідно розглядати нерухомість як вдалу інвестицію. Кожен починає про це замислюватися, і перша людина приймає позитивне рішення, хоча насправді вона помиляється, але стає відправним пунктом «лавиноподібності рішень».

Отже, наявність інформаційного каскаду може призвести до виникнення стадної поведінки на фінансовому ринку.

Репутаційна стадність, як і інформаційні каскади, проявляється, коли агенти вирішують ігнорувати власну інформацію і наслідувати поведінку іншого індивіда, який приймав рішення раніше. Проте в моделях репутаційної стадності є додаткові фактори імітації, пов'язані з позитивними характеристиками репутації особистості, які одержано під час роботи в колективі.

Бажання відхилити власну інформацію, або підлаштувати її під думки лідера, зростає зі збільшенням репутації. В роботі [8] зазначено, що по мірі зростання віку аналітика, який здійснює прогнози, передумовні переконання інших експертів у його здібностях в прогнозуванні стають більш високими, і таким чином, у даного аналітика зменшується кількість спонукальних мотивів проявляти стадність з групою. Також встановлено, що прояви стадності в рекомендаціях, які друкуються для інвестування, зменшуються по мірі зростання надійності власної інформації.

Останнім часом з'являється багато публікацій щодо впливу репутації особистостей на прийняття рішень агентами з урахуванням ефекту стадності. В цьому контексті слід відмітити роботи російських вчених Новікова Д.О., Чхартішвілі О.Г, Губанова Д.О. [1,3], присвячених розробці моделей інформаційного впливу та управління в соціально-економічних системах з урахуванням інформованості агентів, їхньої репутації та рівня довіри, що призводить до проявів стадної поведінки.

Аналітична стадність проявляється, коли аналітик вирішує проаналізувати інформацію, яку на його погляд будуть аналізувати інші фахівці. В роботі відомого дослідника в області інформаційних каскадів та стадної поведінки Іво Уелча (Ivo Welch) [9] розглядається раціональна та ірраціональна стадність аналітиків фондового ринку. І.Уелч провів дослідження понад 50000 рекомендацій аналітиків ринку акцій для купівлі-продажу цінних паперів з точки зору впливу попередніх рекомендацій та переважної серед експертів думки на подальші рекомендації аналітиків. Всі рекомендації було кластеризовано на 5 типів: «активно купувати», «купувати», «тримати», «продавати» та «активно продавати». Первинний аналіз засвідчив суттєвий нахил думок в напрямку купівлі активів – загальна кількість рекомендації «активно купувати» та «купувати» складала понад 25000 у порівнянні з близько 5000 рекомендацій «продавати» та «активно продавати». Крім того, автором було побудовано матрицю переходів (табл. 1) рекомендацій від одного класу до іншого, що встановило відсутність лінійного, нормального або симетричного розподілу між класами та наявність тенденції до стадності при формулюванні рекомендацій під впливом переважної думки:

$$R(t) = \alpha_0 + \sum_{i=1}^5 \alpha_i R_i(t-1) + \alpha_6 Rc(t) + \varepsilon(t),$$

де $R(t)$ – рекомендація аналітика в момент часу t , $Rc(t)$ – переважна думка, $\varepsilon(t)$ – шум. Тобто, аналітики дійсно базують власні рекомендації під впливом переважної думки. Уелч зіставив вірогідність рекомендацій при відсутності стадності та за наявності стадного ефекту. Так, наприклад, рекомендація «тримати» видавалась у 42% при відсутності стадності та у 47% за наявності стадності.

При появі нової фундаментальної інформації аналітики однаково її інтерпретують та формують рекомендації з «раціональною» стадністю. Якщо нової інформації немає, тоді у думках аналітиків переважає наслідувальна думка (навіть хибна), що виражає «ірраціональну» стадність.

Емпірична стадність охоплює різні прояви стадної поведінки, що не може бути описана за допомогою певної конкретної моделі. Історичних свідочтв прояву емпіричної стадності багато – стихійні процеси на ринку нерухомості, масові типові рішення менеджерів інвестиційних фондів, стадна поведінка вкладників банків, стадність на ринку праці в оцінці кандидатів при прийомі на роботу, наслідування однакових ринкових стратегій та інтерес до певних «популярних» акцій на фондовому ринку тощо. Таким чином, емпірична стадність притаманна багатьом видам людської діяльності, в тому числі процесам прийняття рішень на фінансових ринках. Саме тому розробка математичних моделей, що дозволяють описати стадну поведінку агентів є актуальним завданням та перспективним напрямком подальших досліджень.

Таблиця

Матриця переходів між класами рекомендації

| Класи (перехід ↓) | Класи (перехід →) | | | | | Разом |
|----------------------|-------------------|-------|-------|------|------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 1 | 8190 | 2234 | 4012 | 92 | 154 | 14682 |
| 2 | 2323 | 4539 | 3918 | 262 | 60 | 11102 |
| 3 | 3612 | 3510 | 13043 | 1816 | 749 | 22740 |
| 4 | 115 | 279 | 1826 | 772 | 375 | 3367 |
| 5 | 115 | 39 | 678 | 345 | 407 | 1584 |
| Разом | 14365 | 10601 | 23477 | 3287 | 1745 | 53475 |

Джерело [9],

Класи 1-«активно купувати», 2-«купувати», 3-«тримати», 4-«продавати», 5- «активно продавати»

Одним з можливих способів аналізу та діагностики стадної поведінки інвесторів на фінансових ринках виступає модифікація відомої фізичної моделі Ізінга [5]:

$$S_i(t) = \text{sign} \left\{ V_i(t) + g_i G(t) + \sum_{j=1}^{N_i} K_{ij} S_j(t) + \varepsilon(t) \right\},$$

згідно якої можливе рішення агента стосовно операції з певним активом в момент часу t розглядається як «купувати» $S_i(t)=1$, «продавати» $S_i(t)=-1$ або «вичікувати» $S_i(t)=0$. На прийняття рішення i -м агентом впливають власні апріорні сподівання стосовно даного активу $V_i(t)$, зовнішні новини на ринку $G(t)$, а також шум $\varepsilon(t)$. В умовах обмеженої інформації важливим фактором підвищення обґрунтованості рішення виступають сигнали зовнішнього оточення агента, тобто дії інших агентів $S_j(t)$ відносно даного активу та рівень довіри до них K_{ij} , який є мірою імітації або стадності. Майбутня зміна ціни активу пропорційна сумі рішень агентів відносно даного активу, тобто

$$P(t+1) = P(t) e^{-\sum S_i(t) / N}.$$

Іншими словами, краще інвестиційне рішення для певного трейдера полягає в тому, щоб прийняти його на основі власних сподівань, впливу зовнішніх новин, рішень більшості сусідів з певною мірою невизначеності (шумом). За результатами моделювання встановлено, що існує певний критичний рівень стадності K_c , менше за якого для агентів притаманні низька чутливість до незначних збурень, імітація розповсюджується тільки між близькими сусідами. При збільшенні рівня стадності та наближенні його до K_c трейдери стають надзвичайно чутливі до малих збурень, агенти погоджуються один з одним, формуючи великі кластери продавців або покупців, що може визвати значні критичні коливання ринку, утворення та руйнування фінансових «бульбашок».

Таким чином, проблема підвищення інформованості при прийнятті рішень на фінансових ринках є актуальною та вимагає розробки відповідних моделей, які враховують як традиційні раціональні фактори при інформаційному забезпеченні угод, так і нерациональні, в тому числі рівень стадності особли-

во в умовах невизначеності та недостатньої інформованості. Вирішення проблеми аналізу механізмів, причин і типів стадної поведінки агентів на фінансових ринках та розробка відповідних економіко-математичних моделей виступають перспективним напрямком подальших досліджень, що забезпечить підвищення якості та оперативності діагностики сучасних фінансових криз.

Список використаної літератури:

1. Губанов Д.А. Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства/ Губанов Д.А., Новиков Д.А, Чхартишвили А.Г./ Под ред. чл.-корр. РАН Д.А. Новикова.– М.: Издательство физико-математической литературы, 2010. – 228 с.
2. Коновалов А.А. Информационные каскады с участием экспертов: теория и эксперимент/ Коновалов А.А., Паклина Т.И.. Екатеринбург: ИЭ УрО РАН. – 2010. – 42 с.
3. Новиков Д.А. Прикладные модели информационного управления. Д.А. Новиков, А.Г. Чхартишвили. – М.: ИПУ РАН, 2004. – 129 с.
4. Сорнетте Д. Как предсказывать крахи финансовых рынков: критические события в комплексных финансовых системах / Д. Сорнетте. -М.: Интернет-трейдинг, 2003. – 400 с.
5. Рефлексивные процессы в экономике: концепции, модели, прикладные аспекты: моногр. / под ред. Р.Н. Лепы; НАН Украины, Ин-т экономики пром-сти. – Донецк: АПЕКС, 2012. – 560 с.
6. Чиркова Е. В. Социологические и экономические теории группового поведения и их применимость для объяснения стадного поведения на финансовых рынках / Е. В. Чиркова // Корпоративные финансы. – №2(14) – 2010. – С. 16 – 26.
7. Bikhchandani S. A theory of fads, fashion, custom, and cultural change as informational cascades / S. Bikhchandani, D. Hirshleifer, I. Welch // Journal of Political Economy. – 1992. – № 5(100). –P.992-995.
8. Graham J.R. Herding among Investment Newsletters: Theory and Evidence / John R. Graham // The Journal of Finance, Vol. 54, № 1. (Feb., 1999), pp. 237-268.
9. Welch I. Herding among security analysts / Welch Ivo. //

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РЕКУРЕНТНИХ ТА ЕНТРОПІЙНИХ МІР СКЛАДНОСТІ

А.В.Батир, В.М.Соловійов, В.В.Щерба
м. Черкаси, Черкаський національний університет
імені Богдана Хмельницького

Анотація

У роботі порівняно методи оцінки складності, розглянуто зміни детермінованості фінансово-економічної системи протягом різних фаз бізнесового циклу. Здійснено перевірку ефективності методів на прикладі історичних значень цін на акції компанії гірничо-металургійного комплексу.

Ключові слова: рекурентні показники, складність, мультимасштабна ентропія, криза, моніторинг, хаос-динамічні методи.

Вступ. Сучасна глобальна економіка являє собою нерівноважну систему, чутливу до початкових умов та здатну до еволюції в часі. Суттєве збільшення кількості агентів, спрощення умов виходу на ринок та інтенсифікація фінансово-економічних взаємодій спричинили посилення волатильності ринків та ускладнення світової економіки.

У контексті вищезазначеної проблематики актуальності набувають нові хаос-динамічні методи, які розглядають об'єкт дослідження з позицій його внутрішньої структури та характерних особливостей еволюції.

Метою роботи є порівняння ентропійних та рекурентних показників як засобів оцінки складності часових послідовностей економічної природи.

В основу дослідження покладено гіпотезу про динамічні зміни складності національних господарств протягом різних фаз бізнес-циклу, а відтак можливість їх ідентифікації за допомогою специфічних засобів оцінки [1].

Проблема функціонування складних систем, їх оцінки та порівняння тривалий час залишається провідним питанням світової наукової спільноти. Серед основних фундаментальних

праць, варто виокремити історичну роботу А. Пуанкаре з дослідження повторюваних властивостей динамічних процесів [2]. Самостійну групу становлять роботи, в яких обґрунтовуються методологічні засади побудови алгоритмів аналізу реальних систем, а саме рекурентних характеристик [3, 4] та ентропійних показників [5]. Тим не менш, окремі аспекти залишаються неохопленими, а надто, невизначеною є можливість застосування зазначених підходів під час прогнозування та моніторингу економічної динаміки [6].

2. Методологічні засади дослідження. Запроваджена для оцінки невизначеності закодованої інформації у каналах зв'язку, ентропія Шеннона дозволяє встановити обсяг корисної інформації у сигналі і фактично є різницею між інформацією, що міститься у повідомленні, та тою частиною даних, що точно відома або передбачувана [5]. Ентропія Шеннона обчислюється за добре відомою формулою:

$$S = -k \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i$$

де p_i — ймовірність того, що символ i зустрічається в коді, який містить n символів, k — розмірний множник. У випадку часового ряду мова йде про ймовірність настання певних значень вихідної чи модифікованої послідовності. Для забезпечення порівнянності рядів, у рамках дослідження використовується віконна процедура, що передбачає обчислення величини ентропії у послідовно зміщуваному підряді фіксованої довжини [3,4,6].

Для врахування масштабно інваріантних властивостей складних систем знаходилась мультимасштабна ентропія Шеннона (Multiscale Entropy - MSE). Така процедура зводиться до шкалювання (розрідження ряду) і знаходження значень ентропії на кожному з масштабів [7]

Метод аналізу рекурентностей, у свою чергу, розглядає такий стан системи \bar{x}_i у момент $t = i * \Delta t$ (де $i \in N$, Δt є частотою дискретизації, а $\bar{x} \in R^m$ — станом у m -вимірному фазовому просторі), коли стан \bar{x}_j в інший момент часу $j * \Delta t$ є подібним або як завгодно наближеним до вихідного [3]. Засоби аналізу рекурентностей включають комплекс мір, заснованих на розподілі дрібномасштабних рис рекурентної діаграми (окремих

точок, діагональних і вертикальних лінійних структур).

Однією з головних переваг методу є те, що чутливість показників можна регулювати, змінюючи значення не лише розміру вікна та кроку його зміщення, але й таких вхідних аргументів, як: параметри вкладення, окіл і поріг [4,6]. Здійснюючи комплексну оцінку послідовності, вони надають можливість визначити загальний рівень складності, тоді як особливості алгоритму дозволяють проаналізувати зміни детермінованості системи у часі. Обчислення рекурентних мір у малому рухомому вікні (під-матриці рекурентної діаграми), дозволяє виявити суттєві часові залежності. Окремі дослідження, засновані на кількісних мірах показують, що вони здатні виявити точки біфуркації, а саме системні переходи «хаос-порядок» [3]. Вертикальні структури рекурентних діаграм, у свою чергу, пов'язані з переміжністю і ламінарними станами, а їх кількісна оцінка дозволяє визначити точки переходів «хаос-хаос».

Розглянемо механізми обчислення діагональних та вертикальних мір на прикладі ентропії та ламінарності, запропонованих у [3].

Ентропія часової послідовності, розрахована з рекурентної діаграми, пов'язана з ентропією імовірності Шеннона $p(l) = P(l) / N_l$ і обчислюється з метою знаходження діагональних ліній заданої довжини l на рекурентній діаграмі. Оскільки показник заснований на гістограмі діагональних ліній довжини l , для спрощення запису покладемо $P(l) = P(\varepsilon, l)$. Тоді формула розрахунку міри виглядатиме наступним чином:

$$ENTR = - \sum_{l=l_{\min}}^N p(l) \ln p(l) \quad .$$

$ENTR$ відображає складність рекурентної діаграми з позицій діагональних ліній. Наприклад, для некорельованого шуму значення $ENTR$ є достатньо малими, що вказує на низьку складність процесу.

Для визначення ламінарності розглянемо вертикальну лінію довжини ν , що починається з координат (i, j) рекурентної діаграми. Загальну кількість вертикальних ліній довжиною ν можна задати гістограмою:

$$P(\nu) = \sum_{i,j=1}^N (1 - R_{i,j})(1 - R_{i,j+\nu}) \prod_{k=0}^{\nu-1} R_{i,j+k}$$

Тоді відношення рекурентних точок, що формують вертикальні структури, та загальної сукупності рекурентних точок обчислюється за формулою

$$LAM = \frac{\sum_{\nu=\nu_{\min}}^N \nu P(\nu)}{\sum_{\nu=1}^N \nu P(\nu)}$$

і називається ламінарністю. Обрахування LAM здійснюється для тих ν , що перевищують мінімальну довжину ν_{\min} , з метою знизити вплив руху за дотичною. LAM відображає наявність ламінарних станів у системі, не описуючи при цьому тривалості цих ламінарних фаз. LAM знижуватиметься, якщо одиничні рекурентні точки переважають за кількістю вертикальні структури на рекурентній діаграмі.

Засновані на суттєвих структурних властивостях системи, рекурентні показники тісно пов'язані з її еволюцією в часі, що було успішно використано при дослідженні часових послідовностей різної природи, а саме біомедичного та технічного походження. Таким чином, розглянуті методи оцінки складності відрізняються значним потенціалом вимірювання ступеня складності у процесі еволюції системи.

3. Результати. Вибір гірничо-металургійного комплексу у якості сфери дослідження зумовлений його швидким відновленням після першої хвилі світової фінансової кризи 2008 року, а також стратегічною важливістю галузі. Попередній аналіз показав наявність сильної автокореляції та незначну кількість випадкових зв'язків і фонового шуму. При цьому, специфіка взаємодій визначається нерівномірним розподілом інформації між учасниками ринку, що породжує деякий рівень невизначеності як у рамках управлінського контуру, так і поза його межами. Відповідно до цього ряди динаміки являють собою не-стаціонарні послідовності, що визначає специфіку використовуваних методів.

У якості бази порівняння було обрано ряд історичних значень цін на акції компанії Newmont за період (01.01.04-27.03.13) на денному інтервалі, що містить періоди першої та другої хвиль світової фінансово-економічної кризи та перед-

історію. Розрахунки проведені за даними сайту finance.yahoo.com з кроком зміщення 1 та початковою шириною вікна у 250 торгових днів.

З рисунку помітно, що обидва методи дозволяють своєчасно ідентифікувати кризи, оскільки значення показників починають знижуватися задовго до зміни напрямку тренду вихідної послідовності. Варто зазначити, що міри не лише вказують на потенційне розгортання періодів фінансової нестабільності, але й вказують на зниження складності та збільшення рівня шуму в системі.

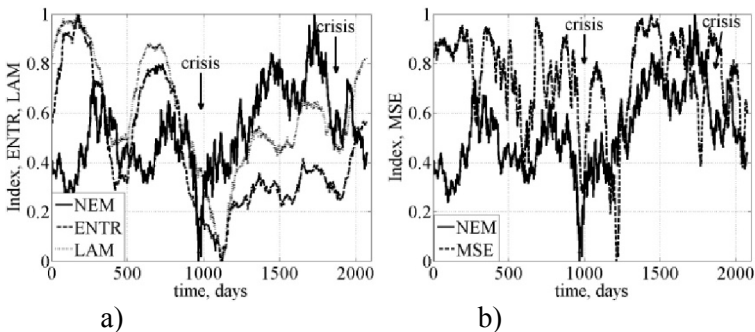


Рис. Динаміка рекурентних (а) та ентропійних мір складності (б) ряду історичних цін на акції компанії Newmont

Так, очевидно, що у процесі наростання кризових явищ усі вищезазначені показники виявляють тенденцію до зниження: зменшується детермінованість системи та її схильність до періодичної зміни станів, знижуються ламінарність та тривалість паралельного руху траєкторій у фазовому просторі. Поглиблення деструктивних явищ у системі призводить до суттєвого зниження загального рівня складності. При цьому варто звернути увагу, що за однакових значень параметрів розрахунку графіки рекурентних показників є більш плавними. Окрім того, їм властиве суттєве випередження динаміки вихідної послідовності, що обумовлює можливість їх використання у процесі моніторингу і прогнозування цін на акції світових компаній.

4. Висновки. Дослідження дозволило виявити переваги застосування рекурентних та ентропійних мір. Очевидною є висока універсальність методу та незалежність показників від

масштабів діяльності підприємства.

Як міри, засновані на діагональних лініях, так і показники, що обчислюються на базі горизонтальних ліній, чітко ідентифікують настання майбутніх періодів нестабільності, а відтак можуть слугувати надійними індикаторами-передвісниками кризових ситуацій.

Одним із актуальних шляхів використання підходу є адаптація та подальше включення інструментів аналізу рекурентностей до групи індикаторів-передвісників у складі системи підтримки прийняття рішень з метою захисту приватних капіталовкладень та зниження потенційних ризиків інвестування.

Список використаної літератури:

1. Соловйов В.М. Рекурентний аналіз фінансових криз // В.М. Соловйов, В.В. Щерба, А.В. Батир // Вісник УБС НБУ: зб. наукових праць. – 2011. – №3 (12). – С. 315-318
2. Poincare H. Sur la problem destroiscorps et le sequations de la dynamique [Електронний ресурс] / H. Poincare // Acta Mathematica. –1890. – №13.– Режим доступу: http://upcommons.upc.edu/video/bitstream/2099.2/241/7/241_Article.pdf
3. Marwan N. Recurrence Plots for the Analysis of Complex Systems [Електронний ресурс] / N. Marwan, M. C. Romano, M. Thiel // PhysicsReports. –2007. – Режим доступу: <http://www.pik-potsdam.de/members/kurths/publikationen/2007/305.pdf>
4. Соловйов В.М. Рекурентні міри як метод кількісної оцінки складності // В.М. Соловйов, А.В. Батир // Вісник КНУТД. – 2012. - №5 (67). – С.254-257.
5. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике / К. Шеннон. – М.: Изд. иностр. лит., 2002. – 523 с.
6. Соловйов В.М. Порівняльний аналіз рекурентних мір та методу Лемпеля-Зіва як засобів оцінки складності фінансово-економічних систем // В.М. Соловйов, А.В. Батир // Наука й економіка (науково-теоретичний журнал Хмельницького економічного університету). – 2012. - №2 (28), т. 1. – С.91-94.
7. Соловйов В.М. Використання теорії складних систем для дослідження економіки // В.М. Соловйов, І.О. Стратійчук // Вісник Черкаського університету. – 2012. - №33 (246). – С.59-67.

ВИКОРИСТАННЯ МУЛЬТИМАСШТАБНОЇ ПЕРЕСТАНОВОЧНОЇ ЕНТРОПІЇ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДНОСТІ

Г. Б. Данильчук, О.С. Лук'янчук, В.М.Соловійов
м. Черкаси, Черкаський національний університет
імені Богдана Хмельницького

Вступ. Хаос, порядок і самоорганізація, як в природі, так і в суспільстві, виникають відповідно до законів складних динамічних систем.

Синергетичний підхід у дослідженнях економічних процесів зумовлює розроблення дієвих моделей попередження кризового стану економіки, що уможливило пошук універсальних принципів самоорганізації та еволюції складних економічних систем, формулювання законів самозбереження та еволюційного розвитку [1].

Теорія складності в різних її іпостасях виходить, перш за все, з нерозривності і єдності природного і соціального, взаємодетермінації одного й іншого. Усвідомлення складності відбувається подібно голографічному процесу, здійснюючись одночасно в кількох напрямках: у природознавстві та технічному знанні, гуманітаристиці та економіці. На наш погляд, даний термін є дуже важливим і методологічно насиченим, оскільки він показує еволюцію розвитку і пізнання складного — від складності як стану об'єкта до складності як когерентного поєднання стану об'єкта, адекватних йому методів і засобів пізнання, у єдності із самодією і самозмінами суб'єкта. Взагалі, навіть постановка питання про складність свідчить як про певні парадигмальні зрушення, так і про трансформацію мислення.

Останні десятиріччя вчені різних галузей приділяють значну увагу проблемам складності (complexity). Відомі фундаментальні роботи у цьому напрямку з боку видатних природознавців наведені в джерелах [2–4].

Існуючі методи дослідження складних систем не дають змоги адекватно аналізувати притаманні їм властивості, і, як наслідок, в економісти запозичують нові методи, котрі виправдали себе у фундаментальних науках.

У роботі розглядається підхід до аналізу складних систем заснований на теорії детермінованого хаосу. Детермінований хаос пропонує пояснення нерегулярної поведінки та аномалій у системах, які не є стохастичними.

Ця теорія представляє широкий вибір потужних методів для аналізу складних процесів і систем, включаючи відновлення атрактора у фазовому просторі, обчислення показників Ляпунова, розрахунок різних видів ентропій та ін. [5].

Зокрема, ентропія є потужним інструментом для аналізу часових рядів [6]. Ідея розрахунку ентропії, заснованої на моделях перестановок (де перестановка визначається порядком відносин між значеннями часових рядів) в останні роки привертає значну увагу при побудові теорії складних і хаотичних систем [7].

2. Перестановочна ентропія. Перестановочна ентропія (*Permutation Entropy – PermuEn*) була введена в якості швидкого і надійного методу аналізу часових рядів [7]. Перестановочна ентропія оцінює складність часових рядів шляхом порівняння сусідніх значень і являє собою альтернативний спосіб вимірювання схожості між шаблонами (patterns) по відношенню до інших методів оцінки складності [8].

Головна ідея застосування методів хаотичної динаміки до аналізу часових рядів полягає в тому, що основна структура хаотичної системи, що містить у собі всю інформацію про систему, а саме атрактор динамічної системи (підмножина фазового простору, яка притягує траєкторії), може бути відновлена через вимірювання тільки однієї спостережуваної характеристики цієї динамічної системи, зафіксованої як часовий ряд.

Згідно із методом Грасбергера і Прокаччі процедура реконструкції фазового простору і відновлення хаотичного атрактора системи при динамічному аналізі часового ряду зводиться до побудови так званого фазового простору з певною розмірністю [9].

Для розрахунку *PermuEn* береться ряд $\{x(i) \mid i = 1, 2, \dots\}$, де m – вимірний вектор затримки вкладень, який в момент часу i розраховується як:

$$X_i^m = [x(i), x(i + \tau), \dots, x(i + (m - 1)\tau)]$$

де m – розмірність вкладення та τ – час затримки. Як правило,

обирається $\tau=1$, проте дослідження показали, що оптимальне значення цього параметру може бути і іншим. Функція X_i^m має перестановки $\pi_{r_0 r_1 \dots r_{m-1}}$, якщо вона задовольняє умову:

$$x(t + r_0 \tau) \leq x(t + r_1 \tau) \leq \dots \leq x(t + r_{m-1} \tau), \quad 0 \leq r_i \leq m-1, r_i \neq r_j.$$

Існує $m!$ перестановок для m -вимірною вектора. Для кожної перестановки π , визначаємо відносну частоту:

$$p(\pi) = \frac{\text{Number } \{t/t \leq T - (m-1)\tau, x_i^m\}}{N - (m-1)\tau}.$$

Тоді $PermuEn$ у m -вимірному фазовому просторі розраховується як:

$$H_{PermuEn} = - \sum_{\pi=1}^{m!} p(\pi) \ln(p(\pi)).$$

Максимальне значення $H_{PermuEn}(m)$ набуває при $\log(m!)$, досягається, як зазвичай, у рівноймовірнісному випадку [10]. Такі значення перестановочної ентропії може мати нескінченний ряд випадкових чисел. Мінімальне значення ентропії $H_{PermuEn}$ досягається у випадках, коли у всій вибірці реалізується тільки одна з $m!$ перестановок. Наприклад, це може бути ряд монотонно зростаючих або монотонно спадаючих значень [6].

Тому для зручності отриману величину доречно нормалізувати множителем $\frac{1}{\ln(m!)}$:

$$H_{NPermuEn} = \frac{H_{PermuEn}(m)}{\ln(m!)}, \quad 0 \leq H_{PermuEn} \leq 1.$$

Таким чином, значення $PermuEn$ залежить від вибору розмірності вкладення m та затримки τ .

3. Мультимасштабна ентропія (Multiscale Entropy). В загальному випадку показник ентропії ($PermuEn$) функціонально залежить від одного кроку диференціювання, тобто відображає міру невизначеності чергового відліку, який ми прогнозуємо за попередньою історією процесу. Інакше кажучи, цей вид ентропії описує міру втрати інформації на кожному подальшому кроці щодо попереднього. З цієї причини такі параметри не можуть бути застосовні до аналізу явищ, що являються за своєю природою мультимасштабними.

Для подолання цих труднощів було запропоновано вико-

ристовувати мультимасштабний аналіз ентропії (*Multiscale Entropy Analysis – MSE*), де у якості міри ентропії на різних масштабах декомпозиції початкового часового ряду використовувався параметр ентропії [11]. Метод *MSE* включав дві послідовно виконувані процедури:

1) процес «грубого дроблення» (*coarse graining*) початкового часового ряду – усереднення даних на сегментах, що не перетинаються;

2) обчислення на кожному з масштабів показника ентропії.

Процес «грубого дроблення» («грануляція») полягає в усередненні послідовних відліків ряду в межах вікон, що не перетинаються, а розмір яких w – збільшується при переході від масштабу до масштабу. Кожен елемент «гранульованого» часового ряду $y_j^{(w)}$ знаходиться у відповідності до виразу:

$$y_j^{(w)} = \frac{1}{w} \sum_{i=(j-1)w+1}^{jw} x_i, \quad 1 < j < N / w,$$

де w характеризує масштабний фактор. Довжина кожного «гранульованого» ряду залежить від розміру вікна і рівна w/N . Для масштабу рівного 1 «гранульований» ряд просто тотожний оригінальному. Для кожного з отриманих часових рядів обчислювався показник ентропії (*MSE*) як функція масштабу (*scale*) (рис.1а) [12]. Мірою складності будемо вважати величину площі під кривою *MSE* (*scale*).

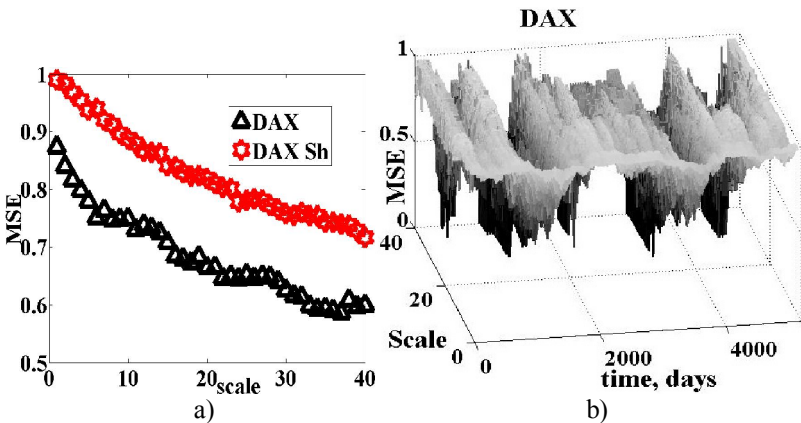


Рис.1. а) Залежність мультимасштабної ентропії *MSE* від масштабу *scale*; б) динаміка *MSE*(*scale*) для ковзного вікна шириною у 500 днів,

яке переміщується з кроком у 1 день для індексу фондового ринку Німеччини (DAX) за період 26.11.1990р. – 01.04.2013р. [14].

Введена міра складності є статичною характеристикою часових рядів. Але зрозуміло, що з плином часу в системі відбуваються зміни, які впливають на ступінь складності системи. Тому відстежимо ці зміни шляхом розрахунку перестановочної ентропії у рамках процедури ковзного вікна. В цьому випадку перестановочна мультимасштабна ентропія розраховуються для підряду заданої довжини (вікна), після чого робиться крок вздовж ряду (вікно зміщується) у додатному напрямку і процедура повторюється до вичерпання значень часового ряду.

На рис. 1b зображена поверхня MSE (scale), розрахована для фондового ринку Німеччини за допомогою алгоритму рухомого вікна.

Оскільки перестановочна ентропія максимальна для випадкового ряду, зрозуміло, що складність вихідного часового ряду менша від складності перемішаного (sh) (рис. 1a). Відсутність експоненціального спаду залежності MSE (scale) говорить на користь мультимасштабного підходу для перестановочної ентропії. При цьому будемо розраховувати міри складності на першому масштабі і середню за всіма масштабами. Різниця між ними очевидно свідчить про можливість даного виду ентропії виявляти мультифрактальні властивості складної системи.

4. Результати проведених досліджень. Метод розрахунку $PermuEn$ є чутливим до вхідних параметрів. Нагадаємо, що при підрахунку перестановочної ентропії задаються параметри m – розмірність вкладення та τ – час затримки. Було проведено дослідження впливу параметрів m і τ на величину $PermuEn$ на прикладі історичних даних індексу DAX. Результати зображено на рис. 2.

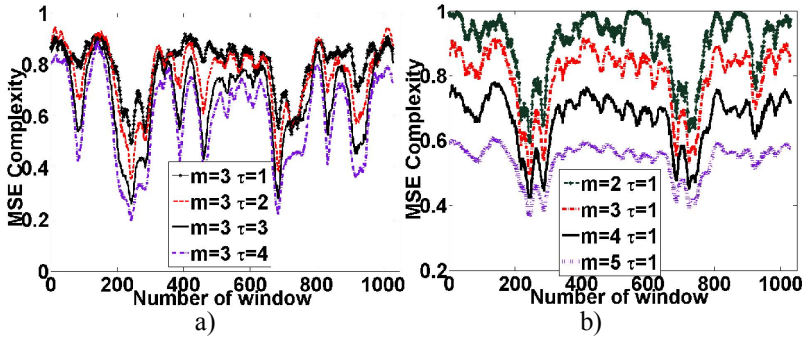


Рис.2. Зміна динаміки MSE в залежності від параметрів: а) часу за-
тримки τ ; б) розмірності вкладення m .

З рисунку прослідковується динаміка зміни ентропійної складності при підборі оптимальних параметрів для дослідження стану фінансово-економічних систем. Значення ентропії при різних параметрах є більшим-менш стабільним, передаючи в основному динаміку практично при будь-яких співвідношеннях параметрів. Ми проводили подальші дослідження для значень параметрів: $m=3$ та $\tau=2$.

Відомо, що у якості вихідного ряду можна брати не тільки нестационарний ряд, наприклад, індексу фондового ринку, а і стаціонарний ряд його прибутковостей. В залежності від обраної міри складності, слід обирати ту чи іншу форму вхідного ряду. В даній роботі ми проводили розрахунки для обох часових послідовностей.

На рис. 3 середнє значення пермутаційної міри складності порівнюється з часовим рядом нормалізованих прибутковостей на прикладі фондового ринку США за індексом S&P 500.

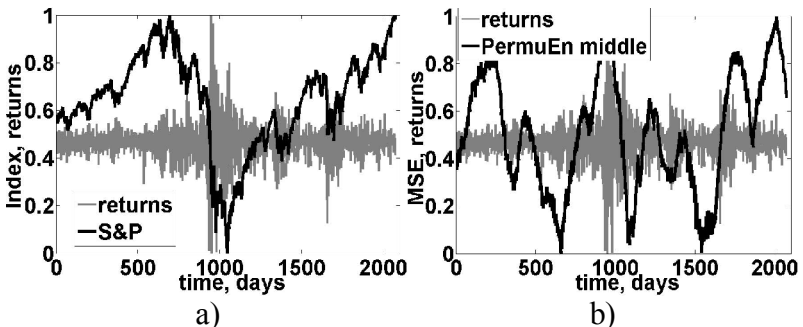


Рис. 3. а) вихідний ряд індексу S&P500 за період 02.01.2003 –

05.04.2013р. [14] та його прибутковість; б) прибутковість індексу S&P500 та його мультимасштабна складність

З рис. 3а видно, що в період стрімких стрибків значень індексу зростають флуктуації прибутковостей. У ці періоди система хаотизується, що призводить до зростання ентропії перестановок (рис. 3б).

Порівняємо тепер введені міри складності з відповідною динамікою вихідного часового ряду. Для індексу S&P500 результати представлені на рис.4.

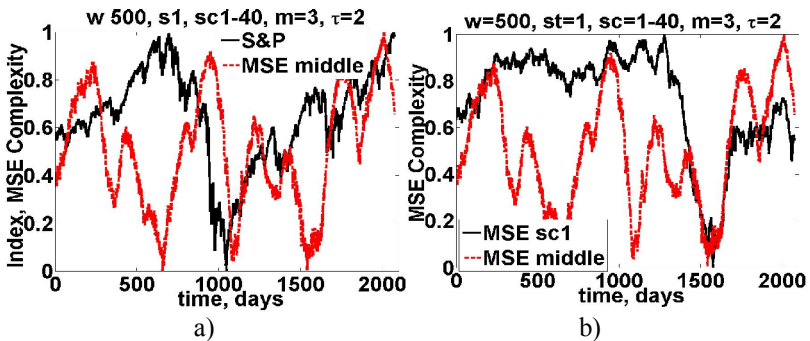


Рис.4. Поведінка з часом мультимасштабної складності: а) значення індексу S&P 500 за період 02.01.2003– 05.04.2013р. [14] та середньої міри мультимасштабної складності; б) міра *MSE* на масштабах 1 та середнє значення для масштабів 1-40

Легко бачити, що введена міра складності ідентифікує кризові явища на фондовому ринку США, зростаючи в передкризові періоди та спадаючи у після кризові. Аналогічні результати (див. рис.5) одержуються і для індексу фондового ринку Німеччини, що свідчить про стабільність отриманих результатів.

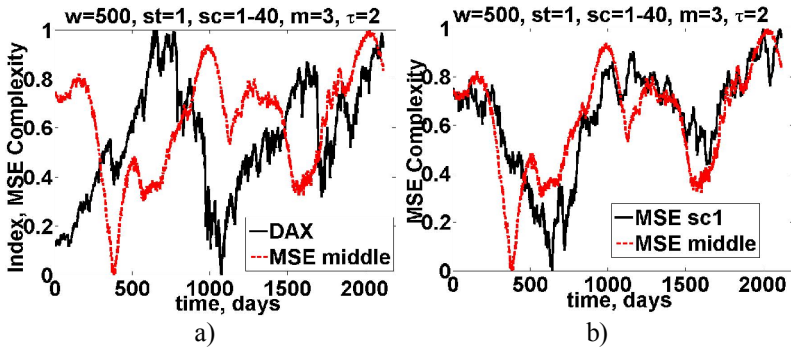


Рис.5. Поведінка у часі мультимасштабної складності: а) власне індексу DAX за період з 02.01.2003р. і по 05.04.2013р. [14] та середньої міри мультимасштабної складності; б) міра мультимасштабної складності на масштабах 1 та середнє значення

Як і очікувалося результати корелюють з результатами для фондового індексу США.

Нарешті, ми порівняли динаміку перестановочної ентропії з динамікою функції автокореляції (рис. 6).

З рис.6 видно, що при наближенні до кризи функція автокореляції спадає, в той час як перестановочна ентропія зростає, що вказує на посилення хаотичної компоненти системи.

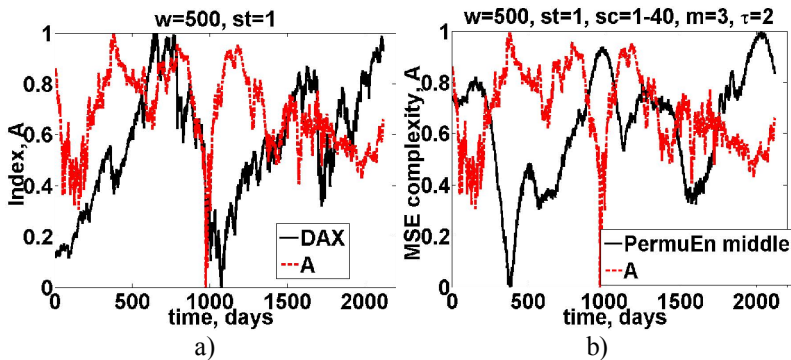


Рис.6. Порівняльний аналіз з функцією автокореляції A: а) власне індексу DAX за період з 02.01.2003р. і по 05.04.2013р. [14]; б) середньої міри мультимасштабної складності

Висновки. Таким чином, у рамках парадигми економічної складності проаналізовано нову міру складності – мультимасштабну перестановочну ентропію.

Показано, що в умовах кризи вказана міра помітно зменшується. Цей факт дає змогу використовувати її у якості індикатора-передвісника кризових явищ. Наведено теоретичні засади їх розрахунку та область використання. Проілюстровано результати застосування віконної процедури для оцінки складності системи та передбачення кризових явищ на реальних часових рядах фондових індексів.

Подальші дослідження полягатимуть у формалізації інших мір складності, зокрема, мережеподібних, з огляду на те, що вони є найбільш поширеною формою структурної організації складних соціально-економічних систем.

Список використаної літератури:

1. Князева Е.Н. Законы эволюции и самоорганизации сложных систем / Е.Н. Князева, С.П. Курдюмов. // М.: Наука. – 1994. – 236 с.
2. Gell–Mann M. What Is Complexity? / M.Gell–Mann // Complexity. – 1995. –V.1, No 1.– P.16–18.
3. Николис Г. Познание сложного. Введение. / Г. Николис, И. Пригожин // М.: ЛКИ.– 2008.– 354 с.
4. Пригожин И. От существующего к возникающему: Время и сложность в физических науках / И. Пригожин // Перевод с английского. Серия «Синергетика: от прошлого к будущему». – Изд. 3. –М.: URSS.– 2006. –296 с.
5. Берже П. Порядок в хаосе. О детерминистском подходе к турбулентности / П. Берже, И. Помо, К. Видаль // М.: Мир.– 1991.– 368 с.
6. Чумак О . В . Энтропии и фракталы в анализе данных. — М.– Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2011. — 164 с.
7. Bandt C. Permutation entropy — A natural complexity measure for time series / C. Bandt, B. Pompe // Phys. Rev. Lett.– 2002.– v. 88. — P. 174102–174102.
8. Plastino A. Rosso, O.A. Entropy and statistical complexity in brain activity. / O.A. Rosso, A. Plastino // Eur. News.– 2005.– V.36.– 224–228.

9. Петерс Э. Хаос и порядок на рынках капитала. Новый аналитический взгляд на циклы, цены и изменчивость рынка / Э. Петерс // [2-е изд.]. – : Мир.– 2000. – 333 с.
10. Wu S.D. Bearing Fault Diagnosis Based on Multiscale Permutation Entropy and Support Vector Machine / S.D. Wu, P. H. Wu, C.W. Wu, J.J. Ding, C.C. Wang. // Entropy.–2012.–V.14.–P. 1343–1356.
11. Costa M. Multiscale entropy analysis of biological signals / M. Costa, A.L. Goldberger, C.–K. Peng // Phys Rev E. – 2005.–V.71.–P.021906.
12. Aziz W. Multiscale permutation entropy of physiological time series. / W. Aziz M. Arif // In Proceedings of 9th IEEE International Multitopic Conference, Pakistan.–24–25 December.– 2005.
13. Дербенцев В.Д., Сердюк О.А., Соловйов В.М., Шарапов О.Д. Синергетичні та еконофізичні методи дослідження динамічних та структурних характеристик економічних систем – Черкаси: Брама-Україна, 2010. – 300 с.
14. Джерело статистики індексів світового фондового ринку [Електронний ресурс] – режим доступу: <http://finance.yahoo.com>

НЕРЕВЕРСИВНІ МІРИ СКЛАДНОСТІ

О.М. Рибчинська

м. Кривий Ріг, Криворізький національний університет,
В.М. Соловійов, Д.М. Чабаненко

м. Черкаси, Черкаський національний університет
імені Богдана Хмельницького

Вступ. Складні системи є відкритими системами, які обмінюються з навколишнім середовищем енергією, речовиною й інформацією. Досліджуючи складні системи у природничих науках, І. Р. Пригожин зробив принципове узагальнення, вказавши на необхідність розгляду феноменів незворотності і нерівноважності як принципів відбору просторово-часових структур, які реалізуються на практиці [1]. Згодом стало зрозуміло, що це узагальнення розповсюджується і на складні системи іншої природи: соціальні, економічні, біомедичні тощо [2].

Пригожин вважав, що найважливіші зміни сучасної наукової революції пов'язані зі зняттям попередніх обмежень у науковому розумінні часу. Нелінійному світу характерні риси темпоральності, тобто незворотності та минущості процесів і явищ. Самоорганізація при цьому розглядається як спонтанний процес становлення цілісних складних систем. Саме завдяки неоднозначності вибору в точках біфуркації, час у теоріях самоорганізації набуває справжньої незворотності. На відміну від лінійних динамічних теорій — класичних, релятивістських, квантових (де час зворотний), у термодинаміці дисипативних структур, створеній Пригожиним, час перестає бути простим параметром, а стає поняттям, що виражає темп і напрямок подій.

Отже, незворотність (нереверсивність) часу є фундаментальною властивістю нерівноважних дисипативних систем, а її втрата може вказувати на розвиток деструктивних процесів [2, 3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Стаціонарний процес $X(t)$ називається статистично зворотним у часі, якщо для будь-якого N , ряди $\{X(t_1), \dots, X(t_N)\}$ та $\{X(t_N), \dots, X(t_1)\}$ мають однакові сумісні розподіли ймовірностей [4]. Незворотність часових рядів свідчить про наявність нелінійностей у ди-

наміці далекої від рівноваги системи, в тому числі негаусівських випадкових процесів і дисипативного хаосу.

Оскільки визначення незворотності часового ряду носить формальний характер, не існує апіорно оптимального алгоритму його кількісної оцінки. Запропоновано кілька методів вимірювання незворотності часу [2, 3, 5-11]. У першій групі методів виконується символізація часових рядів, а потім проводиться аналіз шляхом статистичного порівняння появи рядка символів в прямому і зворотному напрямках [5]. Іноді додатково використовуються алгоритми стиснення [6]. Важливий для даної групи крок власне символізації – перетворення часового ряду у символічний ряд вимагає додаткової кількості спеціальної інформації (наприклад, розбиття діапазону або розмір алфавіту) і, отже, містить проблему залежності алгоритму від цих додаткових параметрів. Друга проблема виникає, якщо врахувати масштабну інваріантність складних сигналів. Оскільки процедури типових символізацій є локальними, врахування різних масштабів може викликати певні складнощі [3].

Інша група методів при формалізації індексу незворотності не використовує процедури символізації, а базується на застосуванні дійсних значень часового ряду або прибутковостей. Один з таких підходів базується на асиметричності розподілу точок карти Пуанкаре, побудованої на основі значень часового ряду, що аналізується [8, 9].

Нещодавно запропоновано принципово новий підхід до вимірювання незворотності часових рядів, який використовує методи теорії складних мереж [10, 11] і який поєднує в собі два інструменти: алгоритм видимості відновлення часового ряду у складну мережу і алгоритм дивергенції Кульбака-Лейблера [10]. Перший формує направлену мережу відповідно до геометричного критерію. Ступінь незворотності ряду потім оцінюється дивергенцією Кульбака-Лейблера (тобто розрізнюваністю) між розподілом вхідних і вихідних ступеней асоційованого графу. Цей метод обчислювально є ефективним, не вимагає ніякої спеціальної символізації процесу, і, на думку авторів, природно, враховує мультимасштабність.

У даному дослідженні ми розглянемо нереверсивність часу як міру складності системи. В недавніх роботах [12-17] нами було введено різні кількісні міри складності, зокрема:

- алгоритмічні [12, 13];
- фрактальні [14];
- хаос-динамічні [15];
- рекурентні [16];
- неекстенсивні [17].

Суттєвою перевагою введених мір є їх динамічність, тобто можливість відстежувати у часі зміну обраної міри та порівнювати з відповідною динамікою вихідного часового ряду. Це дозволило нам співставити критичні зміни динаміки системи, що описується часовим рядом, з характерними змінами конкретних мір складності. Виявилось, що кількісні міри складності реагують на критичні зміни в динаміці складної системи, що дозволяє використовувати їх в процесі діагностики та прогнозування майбутніх змін.

У даній роботі ми пропонуємо нову міру складності, засновану на нереверсивності часових рядів складних систем.

Виклад основного матеріалу дослідження. Розглянемо спочатку нереверсивні міри складності, засновані на побудові та аналізі діаграм Пуанкаре. Побудова діаграми Пуанкаре для фінансово-економічного часового ряду $X(t)$ базується на обчисленні нормалізованих прибутковостей. Щоденні прибутковості обчислюються за формулою:

$$r_t = \frac{y_t - y_{t-1}}{0.5 \cdot (y_t + y_{t-1})}, \quad (1)$$

де y_t – вихідний часовий ряд ціни активу в моменти часу $t=1, 2, \dots, n$; r_t – щоденна відносна прибутковість. Для забезпечення можливості порівнювати зміни різних часових рядів, використовується нормалізація прибутковості до середньоквадратичного відхилення:

$$g_t = \frac{r_t}{\sigma_r}, \quad (2)$$

де g_t – нормалізовані прибутковості часового ряду, σ_r – середньоквадратичне відхилення ряду прибутковостей $\{r_t\}$.

На рис. 1. чорною лінією зображено вихідний ряд щоденних значень курсу EUR/USD за період 01.01.2003-17.02.2013рр., а сірою - нормалізовані прибутковості для цього ж ряду.

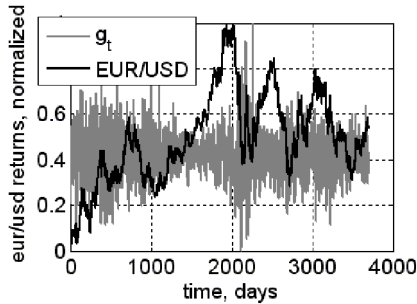


Рис. 1. Динаміка крос-курсу EUR/USD і відносних прибутковостей за 2003-2013 рр.

Діаграма Пуанкаре для часового ряду крос-курсу або ціни певного активу - це графік, на вісі x якого відкладені значення нормалізованих прибутковостей g_t , а на вісі y - значення нормалізованих прибутковим наступного періоду часу g_{t+1} .

На рис. 2. зображена діаграма Пуанкаре для вихідного крос-курсу EUR/USD (сірі точки) і для перемішаних значень цього ж ряду (чорні плюсики)

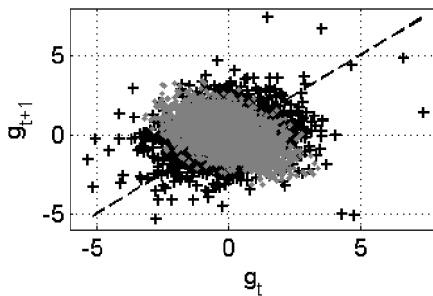


Рис. 2. Діаграма Пуанкаре для часового ряду крос-курсу EUR/USD. Штриховою лінією позначено лінію ідентичності

Міра асиметрії, запропонована Гузик [8], полягає в обчисленні відстаней кожної точки діаграми Пуанкаре до лінії ідентичності. Ця відстань обчислюється за формулою:

$$D_i = \frac{|g_i - g_{i-1}|}{\sqrt{2}}. \quad (3)$$

Знайшовши суми відстаней від лінії ідентичності окремо для точок, що лежать вище ($g_i < g_{i+1}$) і нижче ($g_i > g_{i+1}$) цієї лінії,

отримаємо наступну формулу для індексу Гузика :

$$GI = \frac{\sum_{i=1}^{C(P_i^+)} D_i^+}{\sum_{i=1}^{N-1} D_i}, \quad (4)$$

де $C(P_i^+)$ - кількість точок вище лінії ідентичності; D_i^+ - відстань кожної точки вище лінії ідентичності до самої лінії ідентичності, обчислена за формулою (3); N довжина часового ряду.

Індекс Порти [9] ґрунтується не на відношенні відстаней, а на відношенні кількості точок над і під лінією ідентичності:

$$PI = \frac{C(P_i^-)}{C(P_i^+) + C(P_i^-)}, \quad (5)$$

де $C(P_i^+)$ - кількість точок вище лінії ідентичності $C(P_i^-)$ - кількість точок нижче лінії ідентичності.

Індекс Кошти [2, 3] використовує концепції статистичної механіки і фактично відображає асиметрію розподілу ймовірностей позитивних і негативних прибутковостей. Він обчислюється за формулою:

$$A_j = \frac{\sum_{i=1}^{N-j} H(-g_i) - \sum_{i=1}^{N-1} H(g_i)}{N - j}, \quad (6)$$

де $g_i = y_t - y_{t-j}$ - j -крокова абсолютна прибутковість, j - крок дискретизації (скейлінговий параметр).

Для моніторингу мір незворотності з плином часу, пропонуються віконні процедури розрахунку всіх запропонованих мір. Необхідно вибрати довжину вікна (кількість послідовних значень w часового ряду для обчислення одного значення ряду) і для вибраного вікна $\{y_{t-w+1}, \dots, y_{t-2}, y_{t-1}, y_t\}$ та фіксованого моменту t обчислити міри незворотності. Потім поточний момент часу t збільшується на крок Δt і процедура триває, поки не закінчатимуться доступні значення часового ряду. Отримані значення кожної з мір незворотності зберігаються в новому часовому ряді. У наших дослідженнях використовувалися параметри $w=500$ і $\Delta t=1$. На наступних графіках наведено динаміку запропонованих мір незворотності у відносному масштабі разом з графіком вихідного ряду (крос-курсу EUR/USD)

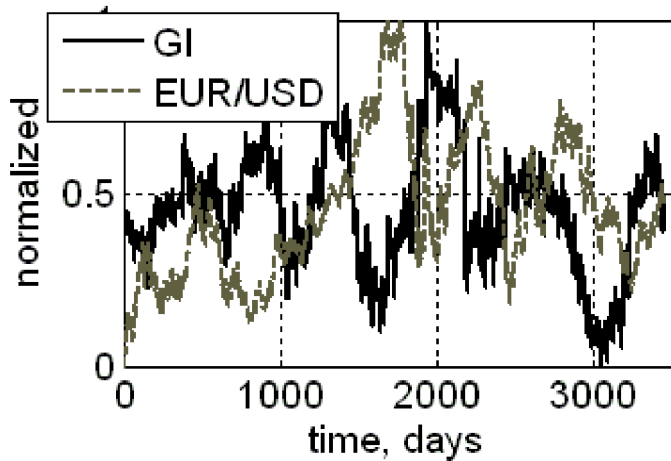


Рис. 3. Динаміка індексу Гузика – GI

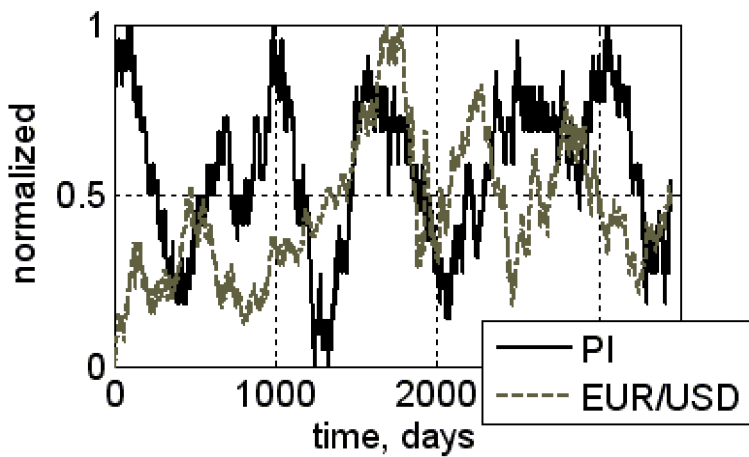


Рис. 4. Динаміка індексу Порти - PI

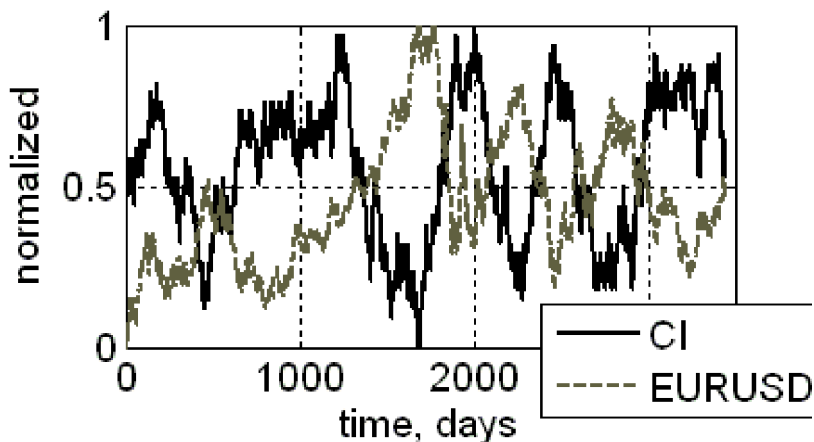


Рис. 5. Динаміка індексу Кошти - CI

З рисунків видно, що часові ряди являються суттєво незворотними. При перемішуванні вихідних рядів їх нереверсивність зникає. Звертає на себе увагу і помітна нерівномірність введених мір, яка корелює з флуктуаціями вхідних часових рядів. Ідентифікуючи суттєві зміни часового ряду та порівнюючи їх із відповідними змінами нереверсивних мір складності, можна будувати відповідні індикатори. Так, динаміка індексу Кошти (рис.5) антисиметрична динаміці вихідного ряду: індекс Кошти зменшується перед значним зниженням часового ряду і навпаки – зростає при його падінні.

Результати стабільні при використанні часових рядів різної природи.

Висновки і перспективи подальших досліджень.

Таким чином, виходячи з фундаментальних положень щодо незворотності часу у складних системах, введено нереверсивні міри складності, засновані на суттєво різних підходах до аналізу часової асиметрії. Показано, що міри асиметрії часових рядів чутливі до шоків та кризових явищ і при відповідному налаштуванні можуть слугувати індикаторами-передвісниками вказаних явищ.

Саме цьому планується присвятити подальші дослідження.

Цікавим буде також побудувати і порівняти з вже створеними індекс нереверсивності, заснований на ідеях теорії складних мереж [10, 11].

Список використаної літератури:

1. Пригожин, И. От существующего к возникающему: время и сложность в физических науках / И. Пригожин; пер. с англ. Ю. А. Данилов; ред., предисл. и послеслов.: Ю. Л. Климонтович. - 2-е изд., доп. - М.: Едиториал УРСС, 2002. с. 246.
2. Costa M., Multiscale entropy analysis of biological signals / M. Costa, A.L. Goldberger, C.-K. Peng // *Phys Rev E*. – 2005.-V.71.- P.021906.
3. Costa M. Multiscale Analysis of Heart Rate Dynamics: Entropy and Time Irreversibility / M.Costa, Chung-Kang Peng C.-K., A.Goldberger // *Measures Cardiovascular Engineering*. -2008. -V.8, No.2. – P. 88-93.
4. Соловійов В.М. Кількісний метод оцінки довжини рецесії за даними незворотності фондових індексів / В.М.Соловійов, О.М.Рибчинська // *Вісник Криворізького економічного інституту*.- 2010, вип.2(22). - С.52-56.
5. Diks C. Reversibility as a criterion for discriminating time series / C.Diks, J.C. van Houwelingen, F.Takens, J.DeGoede // *Phys.Lett, A*. – 1995. – V.201. – P. 221-228.
6. Daw C.S. Symbolic approach for measuring temporal «irreversibility» / C.S.Daw, C.E.A.Finney, M.B.Kennel // *Phys.Rev.E*. – 2000. – V.62, N 2. – P. 1912-1921.
7. Kennel M.B. Testing time symmetry in time series using data compression dictionaries // *Phys.Rev.E*. - 2000. – V.69, - P. 056208.
8. Guzik P. Heart rate asymmetry by Poincar'e plots of RR intervals / Guzik P, Piskorski J, Krauze T, Wykretowicz A. and Wysocki H. // *Biomed. Tech*. – 2006. – V.51. – P. 530–537.
9. Porta A. Time reversibility in short-term heart period variability / A.Porta, S.Guzzetti, N.Montano, T.Gnecchi-Ruscone, A.Malliani // *Comp. Cardiol*. - 2006. – V.33. – P. 77–80.
10. Lacasa L. Time series irreversibility: a visibility graph approach / L.Lacasa, A.Nunez, E.Roldan, J.M.R.Parrondo, B.Luque // *Eur.Phys.J*. – 2012. –V.85.- P.217-228.
11. Donders J.F. Testing time series irreversibility using complex networks methods / J.F.Donders, R.V.Donner, J.Kurths // [Електронний ресурс] – режим доступу: arXiv:1211.1162v2 [physics.data-an] 28 Mar 2013.

12. Лега Ю.Г. Складність соціально-економічних систем / Лега Ю.Г., Мельник В.В., Соловійов В.М. // Збірник наукових праць Таврійського державного агротехнологічного університету (економічні науки). Сімферополь. - 2012, №2(18).-С.85-99.
13. Соловійов В.М. Кількісні методи оцінки складності в прогнозуванні соціально-економічних систем / В.М.Соловійов, К.В.Соловійова // В колект. монографії: «Прогнозування соціально-економічних процесів: сучасні підходи та перспективи». Бердянськ. - 2012.- с.141-155.
14. Соловійова В.В. Порівняльний аналіз динаміки фондового ринку України з використанням фрактальних мір складності / В.В.Соловійова, В.М.Соловійов, К.В.Соловійова // Вісник Черкаського університету, сер. «економічні науки», 2012. №33 (246). –С.51-58.
15. Соловійов В.М. Використання масштабно-залежних показників Ляпунова для дослідження складності фінансово-економічних систем / В.М.Соловійов, І.О.Стратійчук // Наука і економіка, науково-теоретичний журнал Хмельницького економічного університету, 2012. №4 (28), т2. -С.88-93
16. Соловійов В.М. Рекурентні міри як метод кількісної оцінки складності / В.М.Соловійов, А.В.Батир // Вісник КНУТД, 2012, №5, с.254-257.
17. Соловійов В.М. Ентропія Тсалліса і неекстенсивні міри складності економічних систем / В.М.Соловійов, О.А.Сердюк // В колект.монографії «Сучасні проблеми моделювання соціально-економічних систем». Харків. – 2013.

ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ІНДИКАТОРІВ-ПЕРЕДВІСНИКІВ КРИЗОВИХ ЯВИЩ НА ОСНОВІ МАСШТАБНО-ЗАЛЕЖНОГО ПОКАЗНИКА ЛЯПУНОВА

В.М.Соловійов, І.О.Стратійчук
м. Черкаси, Черкаський національний університет
імені Богдана Хмельницького

Анотація. Розглянуто особливості побудови та застосування індикаторів-передвісників кризових явищ на основі масштабного-залежного показника Ляпунова (МЗПЛ). Показано переваги та недоліки використання різних часових рядів для побудови індикаторів-передвісників. Проілюстровано результати передбачення відомих криз для індексу Dow Jones Industrial Average (DJIA).

Ключові слова: кризові явища, індикатори-передвісники, не-стаціонарні часові ряди, хаос-динамічні системи, масштабного-залежні показники Ляпунова.

Постановка проблеми. Сучасний світовий фінансово-економічний ринок значно ускладнився, основною причиною такого процесу є постійне збільшення учасників та різноманітність взаємодії між ними. У зв'язку з появою нових характеристик такої динамічної системи, виникають і нові прояви складності, які необхідно досліджувати та аналізувати. Топологічні особливості таких систем проявляються на різних масштабах, що значно ускладнює можливість передбачення та моделювання їх динаміки.

Вищезазначене пояснює причини невідомості класичних методик передбачення кризових явищ та необхідність пошуку нових підходів до побудови індикаторів-передвісників кризових явищ у складних системах.

Один із сучасних методів побудови індикаторів-передвісників, що дозволяє подолати зазначені проблеми, базується на масштабного-залежному показникові Ляпунова.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Значна увага в сучасній науці приділяється проблемам прогнозування та передбачення, топології фінансово-економічних криз загалом.

Відомі фундаментальні роботи у цьому напрямку Сорнетте Д., Бокса Дж., Дженкінса Г., Борланд Л., Кругмана П., Сороса Дж. та інших [1-5]. Ними розроблено фундаментальні, теоретико-методологічні засади дослідження та моделювання кризових явищ у складних системах. Серед недавніх досягнень слід звернути увагу на роботи [6-14], в яких основна увага приділяється розробці, адаптації та практичному застосуванню конкретних індикаторів-передвісників до конкретних фінансових ринків.

Не зважаючи на значні здобутки сучасної наукової думки, питання передбачення фінансових криз залишається відкритим.

Постановка завдання. На основі викладеного можна сформулювати завдання дослідження, яке полягає у визначенні особливостей побудови та застосування індикаторів-передвісників кризових явищ на основі МЗПЛ. Перевірка дієвості методики проводилась на часових рядах, які містять відомі зафіксовані кризи за даними індексу DJIA [15].

Виклад основного матеріалу дослідження. Світова фінансово-економічна система після кожної кризи ускладнюється, це зумовлює необхідність пошуку закономірностей її прояву на різних масштабах. Індикатори на основі МЗПЛ дозволяють знаходити такі закономірності в динаміці і попереджувати кризи.

МЗПЛ визначається у фазовому просторі шляхом розгляду ансамблю траєкторій. Позначимо початкову відстань між двома сусідніми траєкторіями ε_0 , а середню відстань між проміжками часу t і $t + \Delta t$ через ε_t і $\varepsilon_{t+\Delta t}$ відповідно. МЗПЛ $\lambda(\varepsilon_t)$ визначається з рівняння $\varepsilon_{t+\Delta t} = \varepsilon_t \exp(\lambda(\varepsilon_t)\Delta t)$. Еквівалентно маємо рівняння для ε_t : $d\varepsilon/dt = \lambda(\varepsilon_t)\varepsilon_t$. Для розрахунку МЗПЛ починаємо з довільно обраного числа оболонок $\varepsilon_k \leq \|V_i - V_j\| \leq \varepsilon_k + \Delta\varepsilon_k$, $k = 1, 2, 3, \dots$, де V_i, V_j - реконструйовані вектори, ε_k (радіус оболонки) і $\Delta\varepsilon_k$ (ширина оболонки) є довільно вибраними малими відстанями. Далі відслідковується еволюція всіх пар точок (V_i, V_j) для даної оболонки і знаходиться середнє значення. Більш детально процедура розрахунку

ку описана в [9, 10].

Аналіз часових рядів різних типів дозволив нам ввести три міри складності. Дві з них стосуються інтервалів змін величин ε і λ , а третя – інтегральна міра, яка розраховується за формулою:

$$\ln \varepsilon_t = \ln \varepsilon_0 + \int_0^t \lambda(\varepsilon_t) dt .$$

У даній роботі ми протестуємо дієвість вказаних вище мір складності $\Delta \lambda = \lambda_{\max} - \lambda_{\min}$, $\Delta \varepsilon = \varepsilon_{\max} - \varepsilon_{\min}$,

$Int.Compl = \ln \varepsilon_t$ для стаціонарних та нестаціонарних часових рядів. Під нестаціонарним рядом розуміємо динамічний ряд цін закриття фондового індексу, під стаціонарним – часовий ряд його прибутковостей.

Щоб зрозуміти топологію складності динамічної системи та можливість використання індикаторів-передвісників розглянемо на рис. 1 фазові портрети нестаціонарного і стаціонарного часових рядів. Розрахунки проведено для часового ряду DJIA за всю історію (з 1896 по 2013 рік).

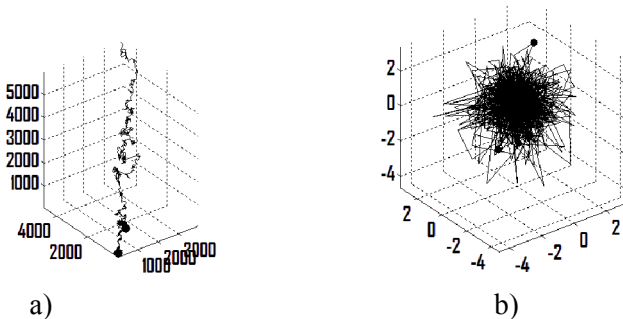


Рис. 1. Фазові портрети для індексу DJIA з лагом 50, (а) вихідного часового ряду, (б) для нормалізованих прибутковостей, Джерело: розраховано авторами за даними [15]

З рис. 1 видно, що у випадку 1а виражене притягування до певних точок, у випадку 1б таке чітко виражене протягування зникає. Різна топологія фазових просторів, для яких будуються міри складності за методикою МЗПЛ, зумовлює і різну поведінку самих мір складності. Порівняємо їх ефективність на прикладі відомих криз, які проявились через помітні падіння фон-

дових ринків, зокрема індексу «блакитних фішок» ринку США - DJIA.

Статичні характеристики не дають змоги відслідковувати динамічні зміни, тому використаємо віконну процедуру розрахунку. В цьому випадку міри складності розраховуються для підряду заданої довжини, після чого вікно зміщується («ковзає») у додатному напрямку і процедура повторюється до вичерпання значень часового ряду. Для зручності та спрощення аналізу дієвості відповідних мір складності порівнюємо їх з відповідною динамікою вихідного часового ряду.

На рис. 2 зображені результати розрахунків для криз DJIA 1929 та 1987 років, довжина кризових рядів – 2500 торгових днів, вікно – 1000 точок, крок – 5.

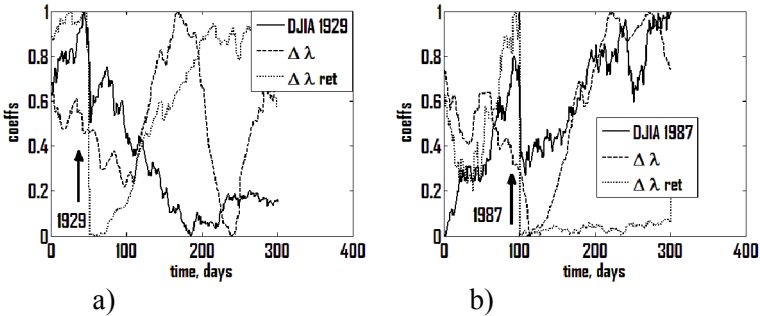


Рис. 2. Віконна динаміка індикаторів-передвісників на основі МЗПЛ для кризи DJIA 1929 (a) та 1987 років (b). Стрілками вказані початки криз, ret – показники розраховані для прибутковостей. Джерело: розраховано авторами за даними [15]

Як бачимо на рис. 2a, індикатор побудований для часового ряду не дає чітких сигналів щодо настання кризи, а індикатор побудований для прибутковостей чітко сигналізує про настання кризи. На рис. 2b індикатор на основі прибутковостей є випереджуючим, а розрахований для часового ряду дає хибні сигнали. Подібним чином поведуть себе й індикатори на основі інших мір МЗПЛ.

Отже, варто використовувати для побудови індикаторів-передвісників кризових явищ прибутковості, а не вихідний ряд, саме такий підхід дозволяє завчасно попереджувати настання різких змін у системі.

Фінансово-економічну кризу 2008-го року та її другу хвилю у 2011-му році називають структурними. Використаємо наші індикатори для перевірки можливості передбачення цих криз (рис. 3).

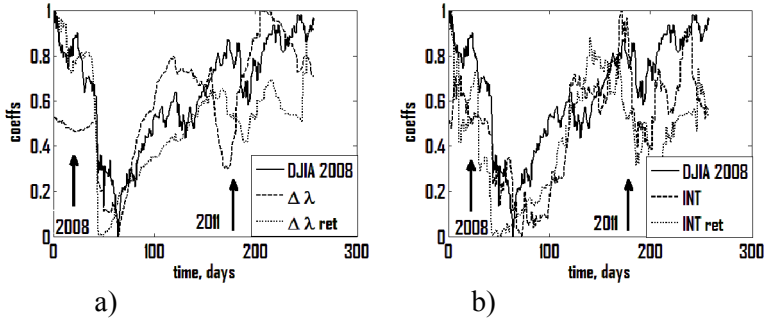


Рис. 3. Віконна динаміка $\Delta\lambda$ (а) та інтегрального показника (б) під час криз 2008-го та 2011-го років. Стрілками вказані початки криз, get – показники розраховані для прибутковостей. Джерело: розраховано авторами за даними [15]

З рисунків 3а та 3б чітко видно, що індикатори побудовані для прибутковостей є випереджувальними і сигналізують про настання кризи за декілька торгових днів, індикатор для вихідного нестационарного ряду не дає таких результатів. Можемо зробити висновок, що вищезазначені індикатори, обраховані для прибутковостей, дають випереджуючі сигнали незалежно від структури кризи.

Висновки з проведеного дослідження. В рамках дослідження було проілюстровано прогностичні можливості індикаторів-передвісників на основі МЗПЛ. Показано особливості використання індикаторів для стаціонарного та нестационарного часових рядів. Визначено переваги використання прибутковостей для покращення прогностичних можливостей методики.

Дієвість індикаторів перевірена на відомих кризах DJIA з 1907 по 2013 рік, що дає підстави констатувати необхідність їх використання у різних системах підтримки прийняття рішень та прогностичних системах.

У подальшому планується досліджувати фрактальність складних фінансово-економічних систем через призму мультимасштабної інваріантності на основі МЗПЛ. Не виключено,

що такий підхід дозволить ранжувати вхідні дані за складністю та оцінювати можливу прогностичну силу для часових рядів.

Список використаної літератури:

1. Сорнетте Д. Как предсказывать крахи финансовых рынков : критические события в комплексных финансовых системах / Д. Сорнетте. – М. : Интернет-трейдинг. 2003. – 400 с.
2. Бокс Дж. Анализ временных рядов. Прогноз и управление. / Бокс Дж., Дженкинс Г. – М.: Мир, вып. 1, вып.2. – 1974. – 604 с.
3. Borland L. Long-range memory and nonextensivity in financial markets / L.Borland // *Econophysics news*. – 2005. – V.36. – № 6. – P. 228-231.
4. Krugman P. The Return of Depression Economics and the Crisis of 2008 / P. Krugman. – NY: W. W. Norton & Company – 2008. – 224 p.
5. Soros G. The New Paradigm for Financial Markets : The Credit Crisis of 2008 and What It Means / G. Soros. – NY : Public Affairs, 2008. – 162 p.
6. Kaminsky G., Reinhart C. Financial Crises in Asia and Latin America: Then and Now // *AEA Papers and Proceedings*. – 1998.-№ 98. – P.224-236.
7. Kaminsky G. Leading Indicators of Currency Crises / G. Kaminsky, S.Lizondo and C. Reinhart // *IMF Staff Papers*. – 1998. – Vol. 45 (March). – P.1– 48.
8. Sachs J. Financial crises in emerging markets: The lesson from 1995 / Sachs J., Tornell A., Velasco A. // *Brooking Papers on Economic Activity*. – 1995. – V.1. – P. 147-198.
9. Gao J.B. Multiscale analysis of economic time series by scale-dependent Lyapunov exponent / J.B. Gao, J. Hu, W.W.Tung, Y. Zheng // *Quantitative Finance*. – 2011. – P.1-10.
10. Соловійов В.М. Використання масштабно-залежних показників Ляпунова для дослідження складності фінансово-економічних систем / В.М. Соловійов, І.О. Стратійчук // *Науково-теоретичний журнал Хмельницького економічного університету: «Наука й економіка»*.– Хмельницький: ХЕУ. – 2012. – Т. 2, №4 (28) – С. 88-94.
11. Сердюк О.А. Передвісники критичних та кризових явищ в складних фінансово – економічних системах / Сердюк О.А.,

Соловійов В.М., Кононенко В.В. // Зб.наук.праць «Економіка: проблеми теорії і практики». – Дніпропетровськ: ДНУ, 2004. – Т. 5. – С.1304-1310.

12. Soloviev V. Financial time series prediction with the technology of complex Markov chains / V. Soloviev, V. Sapsin, D. Chabanenko // TTI Journal "Computer Modelling and New Technologies". – 2010. – V. 14. – №3. – P. 63-67.

13. Дербенцев В. Д. Передвісники критичних явищ у складних економічних системах / В. Д. Дербенцев, В. М. Соловійов, О. В Сердюк. // Новое в экономической кибернетике : сб. науч. ст.; под общ. ред. Ю. Г. Лысенко; Донецкий нац. ун-т // Моделирование нелинейной динамики экономических систем. – Донецк : ДонНУ. – 2005. – № 1. – С. 5-13.

14. Мезенцев О. М. Моделювання індикаторів-передвісників кризових явищ на валютному ринку / О. М. Мезенцев // Економіка : проблеми теорії та практики : зб. наук. праць. – Дніпропетровськ : ДНУ. – 2009. – Т. 1., Вип. 252. – С. 22-33.

15. Джерело статистики світових фінансових інструментів [Електронний ресурс] – режим доступу: <http://finance.yahoo.com>

ВИКОРИСТАННЯ ЕНТРОПІЇ ТСАЛЛІСА ДЛЯ ОЦІНКИ СКЛАДНОСТІ ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ

В.М. Соловійов, О.А. Сердюк
м Черкаси, Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

1. Вступ

Останнім часом все частіше вчені з різних наукових напрямів звертаються до теорії складних систем [1-6]. У недавніх роботах нами були розглянуті деякі з кількісних мір складності – алгоритмічні [7], фрактальні [8], рекурентні [9], хаосдинамічні [10] – та була продемонстрована можливість їх використання для моніторингу і попередження критичних явищ на фінансових ринках.

Подана робота продовжує серію робіт, де було проведено

аналіз порівняно нового інструментарію теорії складних систем, пов'язаного з їх неадитивними чи неекстенсивними властивостями.

Неекстенсивність (неадитивність) є однією з найцікавіших характеристик в складних системах. Таким системам притаманна дуже тонка властивість: вони порушують основну гіпотезу статистики Больцмана-Гіббса – ергодичність. На підставі концепції мультифрактальності бразильський фізик Константіно Тсалліс у 1988 р. [11] запропонував узагальнену статистичну поведінку Больцмана-Гіббса, що включає системи, які порушують ергодичність, тобто, системи, мікроскопічні конфігурації яких не можуть розглядатися як повністю чи майже незалежні. Це узагальнення базується на неадитивній ентропії, що дістала назву ентропії Тсалліса.

Економічні системи (зокрема, фінансові ринки) є одним з найяскравіших прикладів динаміки складних систем [13]. Широкий спектр внутрішніх взаємодій робить їх характерним прикладом складної динаміки.

Показник неекстенсивності вже досліджувався на прикладі економічних систем і показав, що у більшості випадків такі системи добре описуються з його допомогою [14-16]. Проте, продовжує викликати великий інтерес детальне дослідження поведінки характеристики неекстенсивності економічних систем з точки зору визначення кризових явищ або патернів, що передують кризовим явищам. Таке дослідження може допомогти як просунутися в розумінні розвитку і протікання економічних криз, так і в спробах визначення критичних явищ, що наближаються [16].

2. Ентропія Тсалліса та показник неекстенсивності

Один з підходів до дослідження складних систем полягає в аналізі їх показників ентропії. Дискретність початкових даних для економічних систем дозволяє отримати розподіл кількості їх станів (або ж режимів), що переходять один в інший, на підставі якого розраховується показник ентропії.

Найбільш відомим видом ентропії є ентропія Шеннона як міра інформативності (S_S)

$$S_S(f(x)) = \int f(x) \ln \left(\frac{1}{f(x)} \right) dx = - \int f(x) \ln(f(x)) dx, \quad (1)$$

чи в дискретному випадку

$$S_S = -\sum_{i=1}^n p_i \ln p_i, \quad \sum_{i=1}^n p_i = 1, \quad (2)$$

де $i=1, \dots, n$ – стани, p_i – ймовірність i -го стану, а загальна кількість станів рівна n . Таким чином, ентропія є сумою добутку ймовірності певного стану на логарифм оберненого значення ймовірності.

Варто також зауважити, що якщо є два незалежних один від одного стани A і B , тобто, $p(A+B) = p(A)p(B)$, то S_S є аддитивною (чи інтенсивною) величиною, $S_S(A+B) = S_S(A) + S_S(B)$. Ентропія Тсалліса, у свою чергу, є узагальненням до неаддитивної (чи екстенсивної) міри,

$$S_q = \frac{1 - \int f(x)^q dx}{q-1}, \quad (3)$$

де q – міра неадитивності (екстенсивності), така що

$$S_q(A+B) = S_q(A) + S_q(B) - (1-q)S_q(A)S_q(B).$$

Великі значення q відповідають довгочасовим залежностям між станами системи і можуть розглядатись як параметр довгої пам'яті. Ентропія Тсалліса зводиться до ентропії Шенонна у випадку, коли $q \rightarrow 1$, так що $\lim_{q \rightarrow 1} S_q = S_S$.

Принцип максимуму ентропії для S_q за умов

$$\int f(x) dx = 1, \quad \frac{\int x^2 f(x)^q dx}{\int f(y)^q dy} = \sigma^2 \quad (4)$$

відповідає функції щільності розподілу, що називається q -Гаусіаном,

$$f(x) = \frac{\exp_q(-\beta_q x^2)}{\int \exp_q(-\beta_q x^2) dx} \propto \frac{1}{Z} (1 + (1-q)(-\beta_q x^2))^{-\frac{1}{1-q}}. \quad (5)$$

В (5) β_q і Z залежать від q , а $\exp_q(x)$ є q -експоненційною функцією, що визначається як

$$\exp_q(x) = \begin{cases} (1 + (1-q)x)^{-\frac{1}{1-q}}, & \text{если } 1 + (1-q)x > 0 \\ 0, & \text{если } 1 + (1-q)x \leq 0 \end{cases}. \quad (6)$$

Для $q \rightarrow 1$ q -гаусіан відповідає звичайному розподілу Гауса.

Випадки $q > 1$ і $q < 1$ відповідають субекстенсивності та суперекстенсивності. Сам показник можна q розглядати як пороговий параметр: $q < 1$ показує перевагу рідкісних явищ, тоді як $q > 1$ відповідає перевазі явищ, що повторюються [12].

У роботі [16] робиться припущення, що показник q сам по собі є не мірою складності системи, а мірою її неекстенсивності. При дослідженні динаміки ентропії Тсалліса S_q також спостерігаються зміни її значення з часом для даного q , що свідчить про зміну складності системи з часом. Менше значення S_q відповідає сигналу з меншою складністю.

3. Процедура розрахунку параметра q

Параметр q розраховується з функції кумулятивного розподілу

$$P_{q,k}(X \geq x) = \left(1 - \frac{(1-q)x}{k}\right)^{\frac{1}{1-q}}, \quad (7)$$

де k визначає обмеження, а q – міру неекстенсивності. Проте, використання математичних і чисельних методів розрахунку параметра призводить до системи нелінійних рівнянь, розв'язок якої визначається з дуже великою похибкою (при значеннях q порядку 1.5 отримана похибка становить $\pm 0.3 - 0.5$), тому для знаходження значення необхідний інший підхід, що мінімізує похибку розрахунку.

Такий підхід запропонований в роботі [17] і використовує для оцінки значення параметра метод максимальної правдоподібності з попереднім приведенням функції розподілу до розподілу Парето. Вказаний метод включає:

- 1) репараметризацію початкового розподілу;
- 2) виведення оцінок для методу максимальної правдоподібності (ММП);
- 3) реалізацію ММП з виведеним розподілом і оцінками;
- 4) повернення до початкових параметрів.

3.1. Репараметризація вихідного розподілу

Визначимо нові параметри:

$$\theta = -\frac{1}{1-q}, \sigma = \theta k,$$

для яких відновлення початкових буде здійснюватись за формулами

$$q = 1 + \frac{1}{\theta}, k = \frac{\sigma}{\theta}. \quad (8)$$

В системі нових параметрів функція кумулятивного розподілу набуде наступного вигляду:

$$P_{\theta, \sigma}(X \geq x) = \left(1 + \frac{x}{\sigma}\right)^{-\theta}. \quad (9)$$

Тому щільність ймовірності в такій системі параметрів може бути записана таким чином:

$$p_{\theta, \sigma}(x) = \frac{\theta}{\sigma} \left(1 + \frac{x}{\sigma}\right)^{-\theta-1}. \quad (10)$$

Випадкова величина Y буде відповідати розподілу Парето з масштабним коефіцієнтом α та відсіканням y_0 у випадку,

якщо $p(y) = 0$ при $y < y_0$, і $p(y) \propto \left(\frac{y}{y_0}\right)^{-\alpha-1}$ у протилежному

випадку. Тому, якщо випадкова величина X має q -розподіл,

то величина $1 + \frac{x}{\sigma}$ буде мати розподіл Парето з відсіканням 1 і

масштабним коефіцієнтом θ . Згідно з класифікацією розподілів Парето [18], отриманий розподіл належить до 2-го типу узагальнених розподілів Парето, стандартна форма якого має

вигляд $P(X \geq x) = \left(1 + \frac{x - \mu}{\sigma}\right)^{-\alpha}$. При $\mu = 0$ та $\alpha = \theta$ буде отри-

мано початковий розподіл Парето, якщо взяти $\sigma = x_0$ та $\mu = \sigma$.

Оцінка параметрів розподілу може бути отримана за допомогою процедури ММП [17, 18]. Тому подальші викладення є особливим випадком такої процедури, отриманим для цього виду розподілів [17].

3.2. Параметри процедури ММП для випадку q -гаусіана

Для моделі q -гаусіана з параметрами θ і σ функція лог-розподілу для послідовності незалежних рівномірно розподіле-

них значень $X_1 = x_1, X_2 = x_2, \dots, X_n = x_n$ (скорочено $X_1^n = x_1^n$) матиме вигляд

$$\begin{aligned} \log p_{\theta, \sigma}(x_1^n) &= -n \log \sigma + n \log \theta - (\theta + 1) \sum_{i=1}^n \log \left(1 + \frac{x_i}{\sigma} \right) \equiv \\ &\equiv l(\theta, \sigma), \end{aligned} \quad (11)$$

де в (11) позначено логарифм правдоподібності комбінації параметрів θ та σ .

Для знаходження параметрів оцінки ММП знайдемо частинні похідні логарифма правдоподібності за параметрами і порівняємо їх до 0:

$$\frac{\partial l}{\partial \theta} = \frac{n}{\theta} - \sum_{i=1}^n \log \left(1 + \frac{x_i}{\sigma} \right), \quad (12)$$

$$\hat{\theta} = n \left(\sum_{i=1}^n \log \left(1 + \frac{x_i}{\sigma} \right) \right)^{-1}. \quad (13)$$

Аналогічно для масштабного параметра σ :

$$\frac{\partial l}{\partial \sigma} = -\frac{n}{\sigma} + \frac{\theta + 1}{\sigma^2} \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{1 + x_i / \sigma}, \quad (14)$$

$$\hat{\sigma} = \frac{\theta + 1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{1 + x_i / \hat{\sigma}}. \quad (15)$$

Рівняння (13) і (15) дають оцінку ММП для θ та σ відповідно у разі, якщо відомі інші параметри. Значення θ може бути розраховане безпосередньо, оскільки відомо, що в розподілі Парето $\hat{\alpha} = n / \sum_{i=1}^n \log(x/x_0)$, тоді як інше значення розраховується за допомогою розв'язку відповідного рівняння. Безпосередньо визначені критерії ММП на зразок отриманих виявляються в деяких узагальнених експоненціальних розподілах, наприклад, таких, як широко відомі у фізиці «розтягнуті експоненти» або «розподіли Вейбулла».

У випадку, якщо жодне зі значень, θ чи σ , невідоме (тобто, не можна знайти q і k в початковому розподілі), тоді послідовний розв'язок рівнянь (13) і (15) дає об'єднану оцінку правдоподібності. Підставляючи значення з одного рівняння в інше, одержимо оцінку $\hat{\sigma}$ і рівняння наступного виду:

$$\hat{\sigma} = \frac{1}{n} \left(1 + n \left(\sum_{i=1}^n \log 1 + \frac{x_i}{\sigma} \right)^{-1} \right) \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{1 + (x_i / \hat{\sigma})}. \quad (16)$$

Таке рівняння може бути розв'язане з використанням чисельних методів. Підставляючи розв'язок отриманого рівняння в (13), знаходимо $\hat{\theta}$, після чого формули (8) дають значення \hat{q} і \hat{k} .

3.3. Дослідження часових рядів і процедура рухомого вікна

Реалізація розрахунків q і S_q для послідовності спостережень x_i , $i = 1, \dots, T$, включає наступні кроки.

Визначимо рухоме вікно W з K спостереженнями, $W = \{x_{i+k-1}, k = 1, \dots, K\}$, для розрахунку дискретного розподілу ймовірності шляхом розбиття W на n станів, $x_0 < x_1 < \dots < x_n$. Тут $x_0 = \min(W)$, $x_n = \max(W)$. Введемо множину інтервалів, що не перекриваються, $\{I_i = [x_{i-1}, x_i], i = 1, \dots, n\}$ так, щоб

$$D = \bigcup_{i=1}^n I_i, \text{ де } D = x_n - x_0 \text{ — це діапазон вікна } W.$$

Ймовірність p_i того, що деяке значення $x_i \in I_i$, розраховується як відношення кількості спостережень, що належать даному інтервалу I_i , до загальної кількості спостережень K . Потім, застосовуючи формулу

$$S_q = k \frac{1}{q-1} \left(1 - \sum_{i=1}^w p_i^q \right), \quad (17)$$

при $k=1$ і знайденому, як описано в пп. 3.1-3.2, значенні q , отримаємо шукане значення ентропії S_q . При постійному зміщенні вікна по ряду спостережень знайдемо залежність розраховуваного значення q чи S_q від часу.

На розрахунок динаміки значень істотно впливають наступні умови:

1. *Кількість станів.* При надто малій чи надто великій кількості станів (інтервалів) розподіл ймовірності отримується недостатньо точним або вироджується, тому для розрахунків використовувалася кількість інтервалів рівна 10% від загальної кількості спостережень у вікні, тобто $n = \lceil 0.1K \rceil$.

2. *Метод розбиття*. Існує два методи для розбиття вікна на інтервали I_i : (а) фіксоване розбиття, коли уся множина спостережень один раз розбивається на необхідну кількість станів, і (б) адаптивне розбиття, коли розподіл ймовірності будується окремо для кожного вікна. Адаптивне розбиття адекватніше описує зміни в сигналі (часовому ряді) і більше відповідає процедурі дослідження.

3. *Оцінка q* . Для оцінки використовувалася процедура, описана в пп. 3.1-3.2, і відповідна функція, реалізована в середовищі MatLab [17]. Для нормальної роботи реалізованого методу потрібна наявність мінімально достатньої кількості спостережень у вікні; для досліджуваних рядів експериментально було встановлено значення $K \geq 500$.

4. *Крок зміщення вікна Δ* . Для дослідження тонкої структури динаміки показників, що розраховуються, встановлювався крок $\Delta=1$. Для складання загального уявлення про динаміку вибирався крок $\Delta=5$ або $\Delta=10$.

4. Результати розрахунку та їх аналіз

Аналіз описаних у роботі характеристик проводився на спостереженнях показників фінансового ринку, а саме, змінах індексів Standard&Poog's 500 (SP, США), Deutscher Aktienindex (DAX, Німеччина) та Української біржі (UX). Досліджувалися ряди щоденних значень індексів за період часу з 03.10.1997 року по 26.03.2013 рік (всього 3788 днів).

Для проведення дослідження початкові ряди перетворювалися у прибутковості, $R_i = \ln x_i - \ln x_{i-1} \approx (x_i - x_{i-1})/x_i$, які потім нормувалися, $r_i = (R_i - \mu_R)/\sigma_R$. Оскільки для тестування даних спочатку використовувалися і перемішані ряди, розрахунок прибутковостей був дещо змінений, а саме, використовувалася

формула $R_i = \frac{x_i - x_{i-1}}{(x_i + x_{i-1})/2}$, тобто, базою виступало не значення

поточного дня, а середнє арифметичне для використовуваних значень. Такий розрахунок дозволив для перемішаних рядів (що є аналогами випадкових внаслідок втрати усіх коротко- та довгочасових зв'язків) отримати очікувані прибутковості.

На рис. 1 співставляються розподіли:

- розподіл щільності ймовірності для значень ряду індекса DAX;

- q -гаусіан для уточненого показника q ;
- функція Гауса із стандартними параметрами.

Простежується заниження значення, отриманого процедурою [17], а також відповідність уточненого значення q результатам робіт [11, 14, 17].

Перевірка ряду шляхом перемішування (рис. 2) показує дійсно втрату інформації, що призводить до зменшення показника q , який наближається до одиниці. Схожі результати було отримано для всіх досліджуваних рядів, зокрема, для часового ряду індекса UX (рис. 3). Це підтверджує думку про складність економічних систем та можливість використання показника неекстенсивності q і ентропії Тсалліса для дослідження цієї складності.

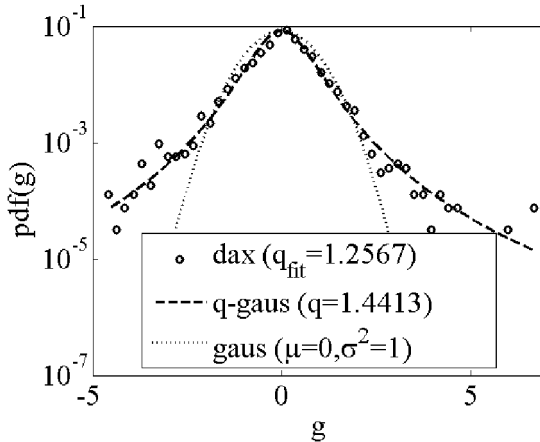


Рис. 1. Функції розподілу щільності ймовірності для індекса DAX з розрахованим за допомогою функції [17] значенням q , q -гаусіана для розрахованого уточненого значення q та стандартного гаусіана з параметрами $\mu = 0$ и $\sigma^2 = 1$

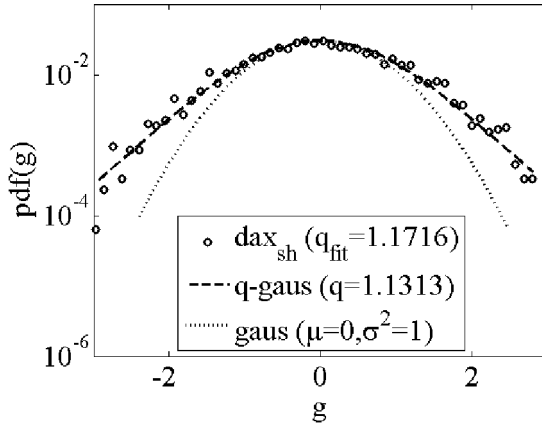


Рис. 2. Функції розподілу щільності ймовірності для перемішаних значень індекса DAX з розрахунком за допомогою функції [17] значенням q , q -гаусіана для розрахованого уточненого значення q та стандартного гаусіана з параметрами $\mu = 0$ и $\sigma^2 = 1$

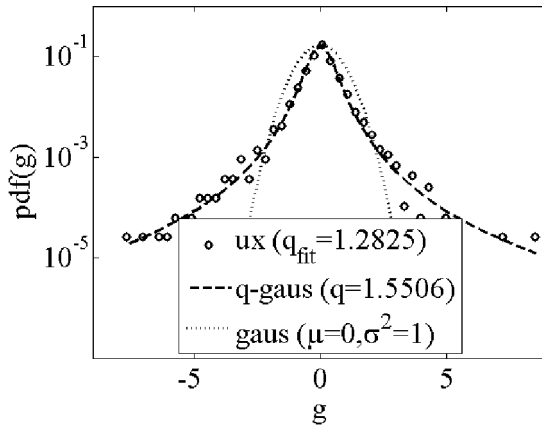


Рис. 3. Функції розподілу щільності ймовірності для значень індекса UX з відображеним значенням q , розрахованим за допомогою функції [17], q -гаусіана для розрахованого уточненого значення q та стандартного гаусіана з параметрами $\mu = 0$ і $\sigma^2 = 1$

На рис. 4-5 відображено відповідно ряди SP та UX, які співставлені з рядами динаміки показника неекстенсивності q та

ентропії Тсалліса. Як в одному, так і в іншому випадку можна бачити ріст показника q під час кризи та падіння його у період релаксації (додатково значення показника коливаються біля якої-небудь точки у випадку малої мінливості часового ряду). Якщо розглядати показник q як показник складності системи, тоді перед кризою зростання показника означає наближення внутрішнього функціонування системи до хаотичного виду, що може бути пояснено навіть за допомогою логічних міркувань про динаміку роботи системи.

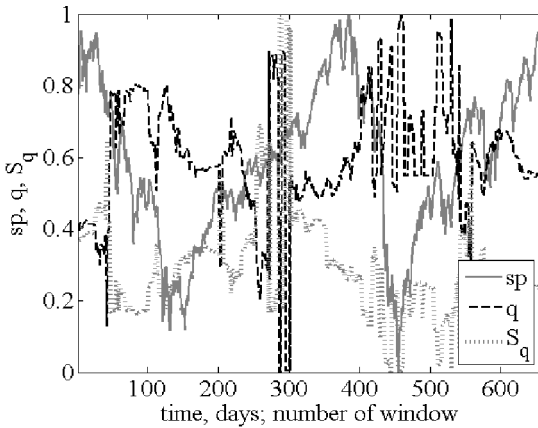


Рис. 4. Динаміка значень індекса SP, показника q та ентропії Тсалліса; використано процедуру рухомого вікна при $K=500$ та $\Delta = 5$

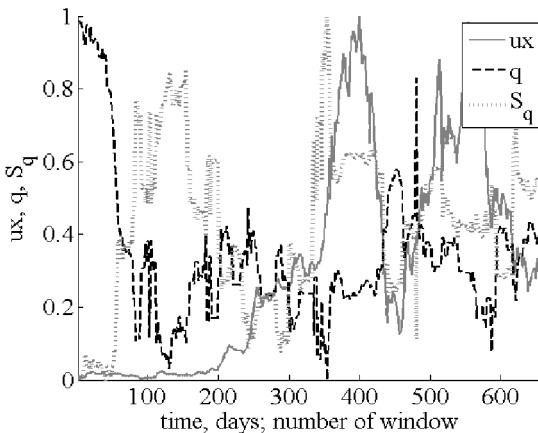


Рис. 5. Динаміка значень індекса UX, показника q та ентропії Тсалліса

са; $K=500$ та $\Delta = 5$

Разом з тим у післякризовий період економічна система поступово переходить від хаотичної динаміки до більш організованої діяльності, що теж добре відображує коефіцієнт q .

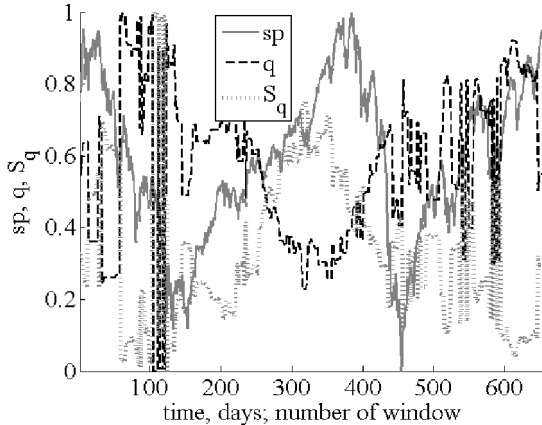


Рис. 6. Динаміка значень індекса SP, показника q та ентропії Тсалліса, отриманих для масштабу $s=5$ при дослідженні багатомасштабної динамічної ентропії; використано процедуру рухомого вікна при $K=500$ та $\Delta = 5$

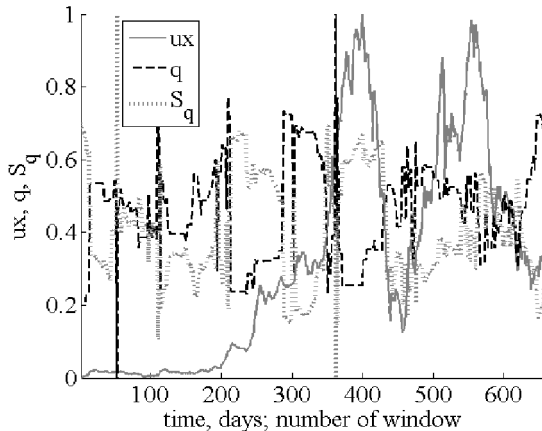


Рис. 7. Динаміка значень індекса UX, показника q та ентропії Тсалліса; $s=5$, $K=500$ та $\Delta = 5$

Натомість дослідження динаміки ентропії Тсалліса не дозволяє зробити подібних висновків за кількох причин.

По-перше, загальні тренди графіків динаміки ентропії Тсалліса та динаміки значень початкового ряду часто співпадають, а тому графік ентропії Тсалліса практично ніякої нової інформації не несе. По-друге, при розрахунку значення ентропії суттєвим може бути навіть єдине значення із розподілу, а тому такий результат не може нести інформацію про узагальнену поведінку складної системи. Додатково було проведене дослідження поведінки показника неекстенсивності q та значення ентропії при використанні багатомасштабної процедури. Узагальнимо результати дослідження:

1) багатомасштабна процедура не несе нової інформації про часовий ряд; більше того, значення ентропії Тсалліса на різних масштабах ведуть себе інваріантно;

2) збільшення масштабу призводить до зменшення чутливості показника неекстенсивності q , внаслідок чого можна спостерігати на більших масштабах лише за великими змінами у тренді ряду.

Таким чином, багатомасштабна ентропія Тсалліса не надає ніякої додаткової інформації до тієї, що може бути отримана за допомогою звичайної процедури розрахунку ентропії та процедури рухомого вікна для дослідження динаміки ентропії. При розрахунку ентропії Тсалліса всю інформацію несе показник неекстенсивності q , а не показник ентропії. Окрім того, суттєвим є поведінка динаміки показника неекстенсивності q .

5. Висновки

У роботі досліджувалась динаміка показника неекстенсивності q та ентропії Тсалліса S_q , їх зв'язок з динамікою початкового часового ряду та їх зв'язок з мультимасштабністю.

На основі проведених досліджень зроблено наступні основні висновки: (1) мірою складності системи служить показник неекстенсивності q , ентропія Тсалліса сама по собі ніякої нової інформації не несе; (2) дослідження динаміки показника неекстенсивності q виявляє його можливість бути передвісником критичних явищ в економічній системі; (3) використання багатомасштабної процедури показує «укрупнення» інформації при зростанні масштабу та реакцію системи на все більш яскраво

виражені тренди порівняно з малими масштабами (зокрема, наприклад, з масштабом 1); (4) при використанні процедури рухомого вікна необхідно дуже ретельно підбирати ширину вікна, оскільки занадто велике вікно призведе до втрати чутливості процедури до критичних та кризових явищ, натомість надто мале вікно приведе до надзвичайного збільшення похибки обчислень і абсолютної недовіри до результатів.

В подальшому планується провести порівняльний аналіз неекстенсивної міри складності з іншими мірами з метою вироблення критеріїв для використання в системі моніторингу та попередження кризових явищ.

Список використаної літератури:

1. Anderson P.W. More Is Different / P.W.Anderson // Science. – 1972. – V.177, No 4017.– P.393-396.
2. Gell-Mann M. What Is Complexity? / M.Gell-Mann // Complexity. – 1995. –V.1, No 1.– P.16-18.
3. Пригожин И. Кость еще не брошена [Электронный ресурс] Сайт С. П. Курдюмова «Синергетика» Режим доступа: <http://spkurdyumov.narod.ru/pprigoj.htm>.
4. Николис Г., Пригожин И. Познание сложного. Введение. / Г. Николис – М.: ЛКИ, 2008.– 354 с.
5. Пригожин И. Конец определенности. Время, хаос и новые законы природы. / И. Пригожин. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2000.– 208 с.
6. Пригожин И. От существующего к возникающему: Время и сложность в физических науках / И. Пригожин. – Перевод с английского. Серия «Синергетика: от прошлого к будущему». Изд. 3 URSS-2006.– 296 с.
7. Лега Ю.Г. Складність соціально-економічних систем / Лега Ю.Г., Мельник В.В., Соловйов В.М. // Збірник наукових праць Таврійського державного агротехнологічного університету (економічні науки). Сімферополь.– 2012, №2(18).– С.85-99.
8. Соловйова В.В. Порівняльний аналіз динаміки фондового ринку України з використанням фрактальних мір складності / В.В.Соловйова, В.М.Соловйов, К.В.Соловйова // Вісник Черкаського університету, серія «Економічні науки».– 2012, №33 (246).– С.51-58.

9. Соловйов В.М. Рекурентні міри як метод кількісної оцінки складності / В.М.Соловйов, А.В.Батир // Вісник КНУТД, 2012, № 5, с.254-257.
10. Соловйов В.М. Використання масштабно-залежних показників Ляпунова для дослідження складності фінансово-економічних систем / В.М.Соловйов, І.О.Стратійчук // Наука і економіка, науково-теоретичний журнал Хмельницького економічного університету, 2012. №4 (28), т. 2.– С.88-93.
11. Tsallis C. Possible generalization of Boltzmann-Gibbs statistics / C.Tsallis // J. Stat. Phys.– 1988.V.52.– P.479-487.
12. Tsallis C. Introduction to Nonextensive Statistical Mechanics, Approaching a Complex World, Springer, New York, 2009.– 382 p.
13. Newman M.E.J. Complex Systems: A Survey. [Электронный ресурс] – Режим доступа: arXiv:1112.1440v1 [cond-mat.stat-mech] 6 Dec 2011.
14. Ausloos M. Dynamical model and nonextensive statistical mechanics of a market index on large time windows / M.Ausloos, K.Ivanova // Phys. Rev. E.–2003.– V.68.– P.1-13.
15. Borland L. Long-range memory and nonextensivity in financial markets / L.Borland // Econophysics news. – 2005. – V .36. – № 6. – P.228 – 231.
16. Potirakis S.M. Dynamical analogy between economical crisis and earthquake dynamics within the nonextensive statistical mechanics framework / S.M.Potirakis, P.I.Zitis, K.Eftaxias // [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1211/1211.5153.pdf>.
17. Shalizi C.R. Maximum likelihood estimation for q-exponential (Tsallis) distributions / C.R.Shalizi // [Электронный ресурс] – Режим доступа: arXiv:math/0701854v2 [math.ST] 1 Feb 2007.
18. Arnold B.C. Pareto Distributions / B.Arnold // International Cooperative Publishing House, Fairland, Maryland.– 1983. – 326 p.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МУЛЬТИФРАКТАЛОВ В АНАЛИЗЕ ФОНДОВЫХ РЫНКОВ

В. В. Соловьёва

г. Черкассы, Черкасский Институт Банковского дела

Университета Банковского дела

Национального Банка Украины (г.Киев)

А. Ш. Тулякова

г. Одесса, Одесский Национальный Университет

имени И.И. Мечникова

Введение.

В исследовании *проблемы эффективного прогнозирования* на реальных финансовых рынках, первоочередной задачей является идентификация математической модели, которая адекватно описывала бы рынок как динамическую систему и позволяла бы предсказывать ее дальнейшее развитие во времени.

Фондовый рынок представляет собой *сложную динамическую систему* с изменяющейся структурой, что обусловлено наличием нелинейных динамических связей между его параметрами, и вероятностным характером протекающих там процессов. Более-менее полное описание такой системы будет огромным, при этом для наблюдения доступно очень маленькое количество информации о системе. Для построения математической модели рынка необходимо провести анализ открытой рыночной информации и выявить основные закономерности.

Очень легкодоступным, маленьким по объему (а значит более легким в изучении и манипулировании) и в то же время очень информативным куском информации *о рынке в целом* - является временной ряд его индекса. Индекс фондового рынка рассчитывается как средневзвешенная цена акций самых крупных компаний.

Цель исследования.

Кризис на рынке акций, представляющий собой резкий обвал котировок многих акций, характеризуется процессами синхронизации, следовательно можно говорить о повышении сложности рассматриваемой системы рынка. Аналогичные процессы синхронизации обуславливают и стремительные

подъемы рынка, в том числе восстановительные после кризиса. А вот во время отсутствия явных общих тенденций рынка, то есть при разнонаправленных флуктуациях котировок для большинства акций, процессы становятся все более и более стохастичными, и сложность системы падает. Таким образом, предполагается, что в предкризисный период сложность рынка падает, а в кризисный и послекризисный восстанавливается.

Целью данного исследования является проверка этой гипотезы для различных фондовых рынков на основании анализа временных рядов индексов. Для этого необходимо измерить такую характеристику как сложность системы рынка, то есть построить *меру сложности*, при этом для построения использовать только временной ряд индекса. Можно построить множество таких разнообразных мер сложности, основываясь на различных подходах к пониманию концепции сложности. В данной работе для анализа используем две *мультифрактальные* меры сложности $\Delta\alpha$ и α_{EXT} .

Проведен анализ для фондовых рынков различных стран на основании самых известных индексов: Великобритании FTSE100, Франции CAC40, Японии Nikkei225 - (рисунок 1a), Гонконга HSI, Кореи KOSPI, Бразилии BVSP, Индонезии JKSE - (рисунок 1b), Индии BSESEN, Мексики MXX, Германии DAX, США SP500 [6].

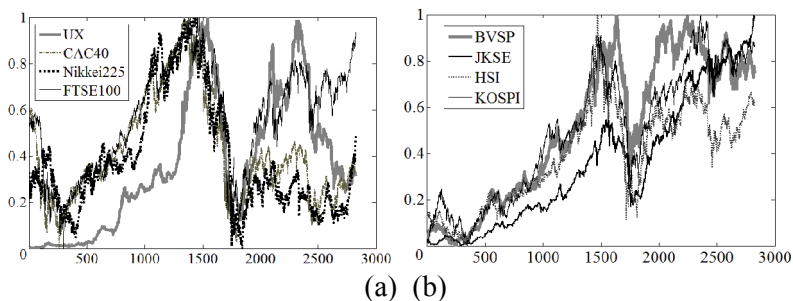


Рисунок 1. Динамика индексов до 15 марта 2013г

Для анализа рынка акций Украины использован «склеенный индекс» UX и PFTS (рисунок 1a). Индекс PFTS рассчитывается с 1997 года ежедневно по результатам торгов на фондовой бирже «Первая Фондовая Торговая Система», на сайте [7] опубликованы значения с 10.10.2001г. Индекс UX

рассчитывается новой «Украинской Биржей» и более адекватно отражает динамику Украинского рынка акций, однако это молодой индекс, опубликованные [8] значения рассчитаны с 08.01.2008г. Поэтому считаем целесообразным использовать временной ряд UX^* , построенный на основании данных двух этих индексов следующим образом. В период с 08.01.2008г. по 15.03.2013г. берутся ежедневные значения индекса UX на момент закрытия торгового дня (1292 торговых дня), предшествующий период с 10.10.2001г. до 28.12.2007г. формируют «приведенные» значения индекса $PFTS$, т.е. умноженные на соответствующий коэффициент (1535 торговых дней).

Все индексы демонстрируют резкое и длительное падение во время начала Мирового Финансового Кризиса в 2008-2009 гг., после постепенного восстановления многие рынки пережили еще по несколько значительных обвалов в 2010г., 2011г., 2012г.

Метод исследования.

Существует огромное разнообразие методов анализа временных рядов. Количественные методы анализа позволяют построить и вычислить различные *показатели*, которые будут характеризовать обобщённое состояние системы в период, соответствующий той *выборке* из исследуемого временного ряда, на основании которой вычислялся этот показатель [5].

В наших исследованиях для анализа временных рядов используется подход, ключевой идеей которого является применение *технологии скользящего окна*, что подразумевает расчёт любых показателей для окна фиксированной ширины N (это и будет выборка из ряда), как будто «скользящего» по временному ряду с фиксированным шагом 1 . На выходе снова будут *временные ряды показателей*, необходимых для анализа. Это позволяет изучить динамику этих показателей и на основании этого выявить закономерности во временной структуре *исходного* ряда, и соответственно выносить суждения об изменениях системы, продуцирующей этот ряд [5].

Технология скользящего окна, простая по своей сути и легко реализуемая в программном продукте, дает необычайно полезную информацию для анализа. Особенно важным является последующий *визуальный анализ* наложенных графиков динамики исходного ряда индекса и динамики построенного

ряда показателя, вычисляемого для окон. Для этого исходный ряд необходимо предварительно преобразовать, по понятным причинам обрезать впереди $N - 1$ точку из первого окна, и затем проредить, взяв только каждую l -ую точку ряда.

При таком визуальном анализе необходимо обращать внимание на *характерные особенности поведения* исследуемой характеристики, следя за динамикой показателя с учетом складывающихся ситуаций на рынке, которые видно по динамике индекса. Например, можно заметить реакции показателя на кризисы или подъёмы, причем эти реакции могут быть не только запаздывающими или своевременными, но и опережающим. Выявленная *закономерность в реакции показателя* позволяет уже рассматривать его как *индикатор* соответствующей ситуации на рынке, а в случае опережающей реакции как *предвестник*.

Выявляемые закономерности поведения показателя для некоторых индексов, дают возможность сформулировать *гипотезу об универсальном характере* такой закономерности. При проверке гипотезы для других индексов, следует учитывать возможную необходимость корректировки входных параметров для расчёта показателя, в том числе параметров ширины окна и шага, ведь рынки разного уровня развития демонстрируют «разное течение времени». Тоже самое следует отметить и для проверки гипотезы на более ранних этапах существования рассмотренного рынка.

Вообще говоря, *выбор параметров скользящего окна* имеет очень важное значение для правильной интерпретации результатов. В данной работе проводились расчеты для окна шириной $N = 750$ и с шагом $l = 5$.

Мультифрактальный анализ временных рядов. Для каждого окна рассчитывается *спектр мультифрактальности* – множество двумерных точек значения функции и ее аргумента $\{(\alpha, f(\alpha))\}$, отметим, что этот показатель не просто скалярная величина.

Спектр мультифрактальности $f(\alpha)$ – это функция распределения значений фрактальных размерностей α . Это очень информативный показатель. Известно, что расширение спектра мультифрактальности свидетельствует о повышении сложности системы, а сужение спектра - наоборот о стремлении сис-

темы к простоте структуры. [1]

Концепция мультифрактала заключается в том, что исследуемый объект интерпретируется как множество с *неоднородной фрактальностью*, которое можно представить, как наложение однородных подмножеств – простых фракталов (в данном случае исследуемый объект - временной ряд). Суть мультифрактального анализа состоит именно в *разложении исходного множества в набор подмножеств*, «отличающихся» друг от друга по какому-либо важному признаку и «внутренне однородных» по этому признаку. Для измерения выбранного признака вводится мера, которая будет количественной оценкой этого *различающего признака*. Осуществляется разложение посредством последовательности разбиений множества на все более мелкие ячейки. Согласно выбранной мере, на каждом отдельном этапе разбиения, ячейки относят к различным подмножествам. Выбор признака и способ его измерения определяют суть того, как происходит «разложение мультифрактала на фракталы». Спектр мультифрактальности представляет собой *спектр* (в смысле - распределение значений некой величины в рассматриваемом множестве) *фрактальных Хаусдорфовых размерностей* подмножеств. Графическое изображение спектра мультифрактальности напоминает «перевернутую параболу». [2]

Существуют различные подходы к выбору *различающего признака* [4], и для каждого из них - множество методик расчета спектра мультифрактальности, отличающихся построением меры и способом разбиений.

В данной работе расчет спектра мультифрактальности проводится по методике MF-DFA (*Мультифрактального Детрендированного Анализа Флуктуаций*), разработанного специально для временных рядов [3]. Можно отметить, что в этой методике в качестве *признака*, по которому осуществляется разложение мультифрактала, выбран характер флуктуаций исследуемого ряда.

Отметим, что мультифрактальный спектр рассчитывается не для ряда значений индекса $\{P_i\}_{i=0}^M$, а для производного от него ряда логарифмических доходностей $\{X_i = \ln P_i / P_{i-1}\}_{i=1}^M$, который нормируется вычитанием среднего значения

$\bar{X} = \sum_{i=1}^M X_i$. Такой ряд иллюстрирует приращения индекса.

Обсудим используемый MF-DFA алгоритм вычисления набора мультифрактальных характеристик *внутри окна* шириной N точек.

Важнейшей задачей при анализе временного ряда является выявление *сложной временной структуры* долгосрочной взаимозависимости между точками ряда. Оказывается, что временной ряд, характеризующийся наличием долговременных корреляций, можно путем *интегрирования* преобразовать в самоподобный процесс [1]. А это значит, что исследование фрактальных и мультифрактальных характеристик позволит делать выводы о структуре корреляций исходного ряда.

Поэтому, вначале ряд нормированных логарифмических доходностей путем интегрирования преобразуется в ряд, называемый *профиль накоплений*:

$$\{Y_i = \sum_{k=1}^i (X_k - \bar{X})\}_{i=1}^N$$

Способ разбиения. Полученный ряд разбивают на сегменты одинаковой длины S , получаемое количество таких сегментов - N_S . Авторы метода MF-DFA предлагают производить разбиение следующим образом: вначале отделять последовательно сегменты с начала ряда, а чтобы учесть оставшийся в конце фрагмент длины меньшей S , предлагается затем отделять сегменты с конца ряда. Тогда $N_S = 2 \left\lfloor \frac{N}{S} \right\rfloor$. В используемом нами программном продукте разбиение осуществляется именно так, в соответствии с оригинальной идеей авторов. Хотя разбиение может производиться и по-другому.

Затем осуществляется *процедура детрендирования*. Для каждого μ сегмента ($\mu = \overline{1, \dots, N_S}$) отдельно находят *локальный тренд* $Y_i^{\mu-trend}$ – вычисляемый методом наименьших квадратов интерполирующий многочлен заданного порядка (в наших расчетах использовался *квадратичный*, но это может быть линейный, кубический, или любой другой). Затем на μ сегменте вычисляют *среднеквадратическое отклонение профиля от построенного локального тренда*:

$$F(\mu, S) = \left[\frac{1}{S} \sum_{i=1}^{N_S} [Y_i^{\mu} - Y_i^{\mu-trend}]^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

где Y_i^μ - значение профиля в i -ой точке μ сегмента, $Y_i^{\mu-trend}$ - значение локального тренда построенного для μ сегмента в i -ой точке этого сегмента.

Для рассматриваемого *масштаба* разбиения ряда на сегменты длины S и некоторого параметра q ($q \neq 0$) определяются две функции, *обобщающие* флуктуации по всем сегментам разбиения:

$$F_q(S) = \left[\frac{1}{N_S} \sum_{i=1}^{N_S} (F(\mu, S))^q \right]^{\frac{1}{q}}$$

$$Z_q(S) = \sum_{i=1}^{N_S} (F(\mu, S))^q$$

Таким образом, на *самоподобие* исследуется профиль накоплений нормированных логарифмических доходностей, в качестве *меры различающего признака* выбрано усредненное значение флуктуаций на сегменте детрендированного профиля – отклонения профиля от тренда. Предположение о самоподобии подразумевает выполнение условия о степенной зависимости, в которой и заключена сама суть понятия «самоподобного множества» (фрактала).

Скейлинговое поведение функций флуктуаций. Проведя и для других масштабов подобную процедуру разбиения и измерения флуктуаций профиля относительно *новых локальных трендов*, можно исследовать скейлинговое поведение функций флуктуаций $F_q(S)$ и $Z_q(S)$. Для этого в двойном логарифмическом масштабе строится зависимость значений этих функций от масштаба разбиения (длины сегментов S). Если график такой зависимости можно адекватно интерполировать прямой, то тогда эта зависимость - степенная, а показатель степени вычисляется как тангенс угла наклона построенной прямой.

Для *мультифрактального* ряда накоплений, и соответственно для *коррелируемого* исходного ряда, $F_q(S)$ и $Z_q(S)$ увеличиваются при росте S согласно *степенным законам*:

$$F_q(S) \cong S^{H(q)} \text{ и } Z_q(S) \cong S^{\tau(q)}.$$

Полученные таким образом мультифрактальные характеристики - *скейлинговые показатели* $H(q)$ и $\tau(q)$ взаимосвязаны $\tau(q) = qH(q) - 1$.

Скейлинговый показатель $\tau(q)$ связан со *спектром обоб-*

ценных фрактальных размерностей $D_q = \frac{\tau(q)}{q-1}$, а также позволяет вычислить *спектр мультифрактальности* с помощью преобразования Лежандра:

$$\alpha = \tau'(q)$$

$$f(\alpha) = q\alpha - \tau(q).$$

В алгоритме для некоторого набора значений q рассчитываются значения показателей $F_q(S)$, $H(q)$, и $\tau(q)$ через последний. В итоге строится *спектр мультифрактальности* как набор двумерных точек $\{(\alpha(q), f(\alpha, q))\}$, соответствующих каждому значению q . Изображение всех этих точек в плоскости $\{\alpha, f(\alpha)\}$ – это график спектра, рассчитанного для текущего окна временного ряда. В этой работе все расчеты производятся для q из сегмента $[-3, 3]$ взятых с шагом дискретизации 0,1. Экспериментально установлено, что расширение области значений q , результаты не улучшает, а сужение урезает выходящую информацию.

Динамику спектра мультифрактальности, рассчитанного для скользящего окна, можно визуализировать в трехмерной системе координат в виде поверхности, что позволяет сделать используемый нами программный продукт, как это показано на рисунке 2.

Выделим две важнейших характеристики спектра мультифрактальности – ширину спектра $\Delta\alpha$ и значение $\alpha_{\text{ЕХТБ}}$, в котором достигается экстремум функции $f(\alpha)$. Это мультифрактальные *меры сложности*. Программный продукт позволяет сохранить временные ряды их значений и изобразить их динамику.

Наблюдение динамики этих мер сложности $\Delta\alpha$ и $\alpha_{\text{ЕХТБ}}$ с наложением динамики индекса позволило выявить характерные *особенности поведения мультифрактального спектра в периоды кризисов* на фондовых рынках.

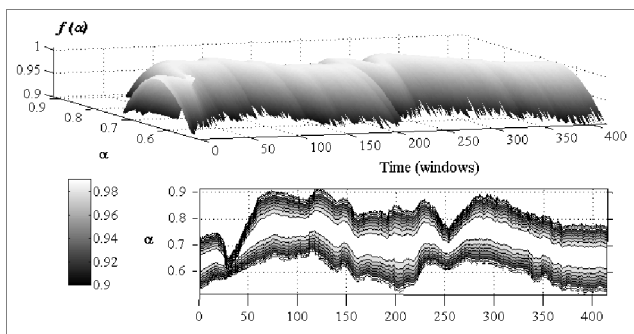
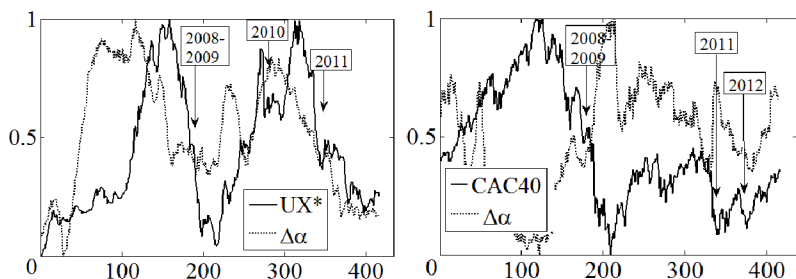


Рисунок 2. Динамика спектра мультифрактальности для временного ряда Украинского индекса UX* (2827 точек). 415 окон, при $N=750$, $l=5$.

Основные результаты исследования.

Для украинского индекса UX* перед всеми обвалами происходит опережающее смещение экстремума α_{EXT} к нулю, как показывает рисунок 3а.

На рисунке 3б на примере французского индекса SAC40 для всех обвалов можно заметить опережающее падение $\Delta\alpha$ - сужение спектра, что говорит о снижении сложности в системе.



(а) UX* и мера α_{EXT} (б) SAC40 и мера $\Delta\alpha$

Рисунок 3. Наложение динамики индекса и динамики мультифрактальных мер сложности.

Предполагалось, что во время кризиса на рынке акций повышается сложность рассматриваемой системы рынка, что обусловлено процессами синхронизации. Наши исследования подтверждают эту гипотезу для кризисного обвала, начавшегося в 2008г., для большинства рассмотренных индексов. В пери-

од этого внушительного обвала рынков, построенная мера сложности – ширина мультифрактального спектра $\Delta\alpha$ демонстрирует резкий скачок вверх. Для последующих менее глубоких обвалов рынков во многих случаях тоже наблюдается возрастание сложности резкими скачками вверх, однако не так очевидно и закономерно, как в первом случае. Возможно непостоянность в проявлении этого эффекта можно объяснить наличием других внутренних факторов рынка, влияющих на изменение сложности, усиливающих или наоборот нивелирующих влияние кризисной ситуации. Наблюдается закономерность, чем глубже и стремительнее происходит обвал рынка акций, тем чувствительнее реакция меры сложности.

В наших исследованиях удалось заметить еще одну важную особенность в динамике построенной меры сложности. Эта особенность касается как раз обвалов, происходящих после выхода из первой волны кризиса 2008-2009гг., т.е. так называемых вторых и третьих волн Мирового Финансового Кризиса. Во многих случаях можно отметить, что обвалу рынка предшествует снижение сложности системы, которое проявляется опережающим падением меры сложности $\Delta\alpha$. Опережение в среднем составляет примерно полгода. Таким образом, если при исследовании конкретного индекса правильным подбором параметров построения меры сложности $\Delta\alpha$ удастся добиться проявления эффекта опережения в динамике меры для каждого такого обвала, то такую меру можно будет использовать в качестве предвестника обвала рынка акций.

Расчёты и визуализации сделаны в MatLab с помощью инструментария разработанного на кафедре экономической кибернетики Черкасского Национального Университета им. Богдана Хмельницкого.

Список использованной литературы:

- [1] Дербенцев В.Д., Сердюк О.А., Соловйов В.М., Шарапов О.Д. Синергетичні та екофізичні методи дослідження динамічних та структурних характеристик економічних систем. Монографія. Черкаси, 2010.
- [2] Божокин С.В., Паршин Д.А. Фракталы и мультифракталы. Учебное пособие. Москва - Ижевск, 2001.
- [3] Multifractal Detrended Fluctuation Analysis of Nonstationary

Time Series. Jan W. Kantelhardt, Stephan A. Zschiegner, Eva Koscielny-Bunde, Armin Bunde, Shlomo Havlin and H. Eugene Stanley.

[4] Чумак О.В. Энтропии и фракталы в анализе данных. Москва - Ижевск, 2011

[5] Соловйова В.В. Аналіз та моделювання динаміки фондового ринку України: Автореф. дис... канд. екон. наук: 08.03.02 [Електронний ресурс] / В.В. Соловйова; Київ. нац. екон. ун-т ім. В.Гетьмана. — К., 2006.

[6] <http://finance.yahoo.com/>

[7] <http://www.ux.ua/>

[8] <http://www.pfts.com/>

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО МОНІТОРИНГУ ГЕОЕКОНОМІЧНИХ ТРАНСФОРМАЦІЙ В УМОВАХ СВІТОВИХ ФІНАНСОВИХ КРИЗ

Л.О. Кібальник

м. Київ, Інститут міжнародних відносин Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Наприкінці ХХ ст. – початку ХХІ ст. відбулася низка процесів і потрясінь, що засвідчили фундаментальний характер змін у світовому економічному просторі, який став багатоплюсним. Світові фінансові кризи підтверджують неспроможність наявних в економічній теорії та практиці підходів і методів щодо їх передбачення та управління. Гео економічні трансформації, що відбуваються у світовому господарстві на початку ХХІ ст. призвели до необхідності переосмислення сучасного стану співвідношення економічних сил та влади у ньому, теоретичних підходів щодо обґрунтування майбутніх змін та практичних інструментів передбачення і прогнозування перспектив його розвитку.

Перед сьогоднішньою науковою думкою постає важливе питання формування нової парадигми вивчення та передбачення подальшого гео економічного розвитку. Якщо для дослідження кардинальних змін в гео економіці підходить вже наявний інструментарій, то для прогнозування та запобігання негативних наслідків впливу світових фінансових криз необхідно розробляти новий. Адже сучасна методологія не дає відповіді на питання: як уникнути краху людської цивілізації та особливо наслідків глобальних економічних і фінансових криз. Через це особливого значення набувають можливості використання сучасних математичних та статистичних методів оцінки цих процесів та методів математичного моделювання щодо їх прогнозування та передбачення.

Сьогоднішня ієрархічна структура гео економіки створює підґрунтя для розгляду трансформацій не лише на рівні відносин між окремими державами, а й на міжнародному, глобальному рівні. Оскільки цей рівень є одночасно єдиним і неоднорідним, впорядкованим і анархічним, то й процес дослідження кардинальних економічних змін є складним і багатоаспектним.

Підходи щодо аналізу гео економічних трансформацій передбачають, що гео економічні суб'єкти: держави, міжнародні та регіональні організації, ТНК здійснюють свою діяльність спираючись на фактори, котрі діють або на території всієї земної кулі, або на його значній частині, активно включеній у світову економіку. Це пояснюється тим, що сьогодні глобалізація охоплює всі країни та всі сфери їх взаємодії. На думку багатьох вчених, зокрема

І. Валлерстайна, Е. Гідденса, Р. Робертсона ці процеси розпочалися ще в 1500-1800 рр. з початком становлення капіталістичної світової системи, модернізації та формування багатомірного світу [1 - 4]. Це відповідним чином вплинуло на процеси виробництва, розподілу, обміну та споживання, а отже, – відтворення у світовому просторі. Звідси випливає їх тісний зв'язок з гео економічними трансформаціями (табл. 1).

В кожний конкретний історичний період гео економіка відображає рівень відповідного розвитку світової економіки, а саме: стійкі форми вибудовування міжнародних економічних відносин, що пов'язані з виробництвом, розподілом, обміном та споживанням, відображають співвідношення сил при певному рівні й характері технологічного та господарського розвитку. Коли в такій системі відбувається порушення балансу між її складниками, то це викликає певні еволюційні чи революційні зміни. Вони можуть визрівати протягом десятиліть внаслідок накопичення якісних характеристик майбутньої моделі взаємозв'язків, що більше відповідає новим реаліям, та може стати більш ефективною. Спираючись на багаторівневу методологію (філософський, загальнонауковий, конкретнонауковий та технологічний підходи), гео економічні трансформації глобального рівня пропонуємо розглядати, як якісні та кількісні зміни у складній системі, а саме – системі гео економічних відносин та використовувати конкретнонауковий і технологічний підходи щодо їх аналізу. На основі першого можна визначити спрямованість гео економічних перетворень та їх динаміку у просторі й часі.

Таблиця 1

Геоекономічні характеристики етапів глобалізації

| Етапи глобалізації | Види глобалізації | Геоекономічні характеристики |
|--------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Кінець I тисячоліття – кінець XV ст. | Тонка глобалізація | Взаємодія між розрізненими цивілізаціями відбувається через несистематичні і вибіркові торговельні, культурні й релігійні зв'язки |
| 1500 – 1820 рр. | Експансіоністська глобалізація | Початок західної імперіалістичної експансії, придбання європейськими імперіями володінь глобального масштабу, привласнення ними частини світових ресурсів та доходів |
| 1820 – 1950 рр. | Широка глобалізація | Поступове перетворення світу у велике коло глобальних мереж, що впливають на всі сторони економічного життя інтенсивно й з високою швидкістю |
| З 1950 р. по теперішній час | Дифузійна глобалізація | Економічні, інформаційні та культурні контакти більш легко, подібно до молекулярної дифузії, проникають через державні кордони, набуваючи децентралізованого, трансграничного характеру, всі країни світу різною мірою втягуються в процеси відтворення світового продукту. |

*Складено автором за джерелами [5 - 6]

Грунтується він на застосуванні цивілізаційного і світ-системного аналізу, які дають можливість дослідити гео економічні трансформації під кутом зору змін у структурі світогосподарського порядку. Технологічний підхід ґрунтується на принципах усіх попередніх рівнів і є основним інструментом аналізу. Прикладні дослідження, які він передбачає, уможливають подальші узагальнення теоретичного аналізу та висновків. Власне на їх основі здійснюються подальші екстраполяції,

прогнозування тощо.

При розгляді гео економічних трансформацій на глобальному рівні пропонуємо виокремити основні складники світового простору, за якими доцільно групувати кардинальні перетворення. Оскільки, найбільш суттєві зміни у співвідношенні економічної влади між країнами та окремими цивілізаціями відбуваються у сфері виробництва, розподілу ресурсів та доходів, технологіях, фінансах, етнічно-релігійному ракурсі, то згрупувати їх пропонуємо у такі блоки: виробничий, технологічний, фінансовий та етнічний. Вказані складники не є відірваними один від одного, вони тісно переплітаються, взаємодіють та накладаються. Але одні є більш консервативними, зміни в них відбуваються повільно і з великими труднощами, зокрема у сфері виробництва та етнічній складовій, а інші – фінансовий простір, валютна, торговельна системи – є більш гнучкими, мінливими. Останні – більш чутливі до зовнішніх факторів, а тому трансформуються, в першу чергу, викликаючи відповідні перетворення в інших секторах. Проаналізувавши трансформації, що відбуваються в кожному з цих просторів, можна виявити сутнісні характеристики, рушійні механізми та можливі результати складних гео економічних перетворень, їх глибину та значення.

Оскільки, розподіл економічного впливу окремих країн та цивілізацій в різних куточках світу розпочався з поширення капіталістичного способу виробництва, а він є домінуючим і сьогодні, то можна зробити висновок, що гео економічні трансформації не передбачають принципової зміни суті відносин власності і характеру привласнення створеної вартості. Мова йде, в першу чергу, про усунення глибоких проблем та невідповідностей, що накопичуються у світовій економіці, та дисбалансу сил між її гравцями, які теж мають властивість змінюватись. Окремі вчені вирішення цих проблем вбачають у зміні моделі світового економічного розвитку [7, с. 3-15]. На нашу думку, гео економічні трансформації на глобальному рівні дають можливість, не змінюючи кардинально основ ринкової системи відносин, усунути бар'єри для подальшого розвитку та зростання. Під час цього процесу відбуваються коригування правил гри, зміни інституційного характеру та боротьба основних «гравців» за збереження своєї влади, іє-

рархії та підпорядкування на світовій арені або відвойовування «новими гравцями» владних позицій. Зміна співвідношення сил у геоекономіці є такою ж важливою, як і усунення дисбалансів та суперечностей. Такі дії, в свою чергу, можуть поглиблювати невідповідності між окремими секторами та просторами (фінансовим, виробництва й обігу, галузевими тощо) в світовій економіці. Таким чином, глобальні трансформації в геоекономіці доцільно характеризувати через зміни: в територіальному розподілі світового виробництва, його структури, світовій торгівлі, характері споживання, фінансовій сфері та ринку праці.

Підтвердженням трансформацій виробничої сфери, яка є основою процесів відтворення в світовому господарстві та джерелом отримання доходів, може бути аналіз динаміки головного показника – ВВП, який створюється різними цивілізаціями. Це засвідчує їх роль, значення та домінування у світовій економіці. Зміна протягом багатьох століть обсягів і темпів приросту ВВП, його розподілу між цивілізаціями та провідними країнами, а також зрушення у відтворювальній і галузевій структурі, а саме: співвідношення основних відтворювальних секторів (споживчого, інноваційно-інвестиційного, енергосировинного, інфраструктурного) вказують не лише на рівень і темпи розвитку світової економіки, а й на глобальні зрушення у ній [8]. Саме сучасні методи відстеження таких змін в історичній динаміці дають можливість робити обґрунтовані висновки щодо змісту, структури та характеру геоекономічних трансформацій.

Останні два століття характеризувалися рекордно високими за всю історію людства темпами економічного зростання та нарощування багатства цивілізацій, хоча період зародження та початкових стадій розвитку виробничої сфери характеризувався значно повільнішими темпами. Так, в епоху середньовіччя темпи приросту ВВП становили всього 0,15 % річних, в період ранньоіндустріального суспільства вони збільшилися до 0,32 % (рис. 1).

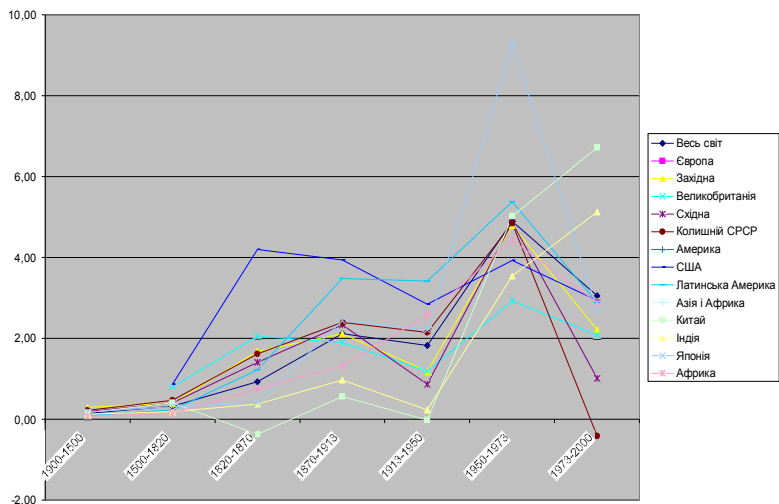


Рис. 1. Темпи приросту ВВП за цивілізаціями та провідними країнами (% в постійних цінах 1990 р.). Розраховано автором за джерелом [9, с. 260].

Таке подвоєння обґрунтовувалося, в першу чергу, початком промислової революції кінця XVII – початку XIX ст., переходом від традиційного до індустріального суспільства, а саме: від племінних федерацій, патримоніальних, феодалних, імперських систем, міст-держав тощо до суспільств, що спираються на науку, техніку, індустрію та демократію, а також початковим нагромадженням капіталу у країнах Західної Європи. Ці ж процеси, а особливо утворення промислової інфраструктури (залізниць, телеграфу, телефону, шосейних і морських шляхів сполучення та інших комунікацій) сприяли трикратному зростанню темпів приросту ВВП до 0,93 % в 1820–1870 рр., а в 1870–1913 рр. – до 2,11 %. Фінансові кризи, які відбувалися періодично, суттєво на загальну тенденцію зростання обсягів виробництва вплинути не могли. Це пояснюється тим, що, по-перше, вони були в основному локальними (відбувалися в окремих країнах) аж до першої міжнародної за своїм характером кризи 1825 року, а, по-друге, їх негативні наслідки не могли перевищити позитивний вплив на розвиток світової економіки запровадження ринкових засад та промислової революції.

У період з 1913 р. до 1950 р. темп приросту ВВП знизився до 1,82 %, зокрема у Західній Європі – з 2,11 до 1,93 %, Східній Європі – з 2,33 до 0,86 %, США – з 3,94 % до 2,84 %). Цей період характеризувався гострим міжімперіалістичним суперництвом на етапі завершення переходу від промислового капіталізму до його монополістичної стадії, яке втілювалося у двох світових війнах та кризі 1929–1933 рр.. Головними акторами в цей період були США та Німеччина.

За цей період відбулося три кризи у 1914 р., у 1920–1922 рр. та найважча й економічно найбільш загрозлива на той час криза 1929–1933 рр. Перша виникла внаслідок масового розпродажу цінних паперів іноземних емітентів урядами США, Великобританії, Франції та Німеччини з метою фінансування воєнних дій. Вона почалася практично одночасно в декількох країнах після того, як країни, що брали участь у Першій світовій війні почали позбуватися іноземних активів [10 - 11].

Криза 1920–1922 рр. сталася у Данії, Італії, Фінляндії, Голландії, Норвегії, Великобританії та США в умовах післявоєнної дефляції та рецесії, що характеризувалися спадом виробництва, і була пов'язана з банківськими і валютними кризами в цих країнах [12, с. 76]

У 1929–1933 рр. відбулася одна з найпотужніших світових криз. Під час неї вартість цінних паперів на Нью-Йоркській фондовій біржі впала на 60-70 %, різко знизилася ділова активність, був скасований золотий стандарт для основних світових валют. Промислове виробництво внаслідок цієї кризи скоротилося на 46 % у США, на 24 % – у Великобританії, на 41 % – в Німеччині та на 32 % – у Франції. Курси акцій промислових компаній впали відповідно на 87 %, 48 %, 64 % та 60% [13].

Ці фактори (кризи та війни) сприяли формуванню двох світових систем: капіталізму та соціалізму. На світовій арені з'явилися нові гравці та лідери – це СРСР та країни соціалістичного табору. Розпад колоніальної системи у 60-ті роки ХХ ст. сприяв поповненню останнього. Тепер боротьба за економічну владу у світі точилася між капіталістичною та соціалістичною системами господарства, передбачаючи економічну війну на знищення.

Пізніше до нових гравців приєдналися Японія та нові інду-

стріальні країни. У третій чверті ХХ ст. було встановлено абсолютний рекорд у темпах приросту ВВП – 4,90 % в цілому у світі, зокрема в Японії – 9,29 %, Латинській Америці – 5,38 %, Східній Європі – 4,86 % та в Радянському Союзі – 4,84 % (див. рис. 1). В цей період відбувається перенесення матеріального виробництва з індустриальних країн в ті, що розвиваються. Це вплинуло на зміну їх позицій у світовому господарстві, характер коопераційних зв'язків між світовими агентами та структуру міжнародної торгівлі. Утворилася нова когорта економічної сили – нафтодобувні країни, змінився характер стосунків у ресурсній сфері між країнами Центру та Периферії.

Хвиля криз 50-х – 60-х рр. охопила країни Західної Європи та Північної Америки: 1958 р. – Франція, 1962 р. – Канада, 1963 р. – Італія, 1964 р. – Великобританія, 1968 р. – Франція. Ці фінансово-економічні кризи були першими післявоєнними світовими кризами, які виникли в умовах вільного обміну валютою, що відбувався без макроекономічного узгодження. Спекуляції з іноземною валютою якраз і передували кризі. Як наслідок – виробництво промислової продукції у зазначених країнах знизлося на 4 %, кількість безробітних досягла майже 10 млн. осіб [10].

Криза 1973–1975 рр. розпочалася в США та охопила всю Європу. За окремими показниками вона наблизилася до кризи 1929–1933 рр. Спекуляції з акціями, іпотечними цінними паперами, офісними будівлями, танкерами, літаками та перенасичення ринку євродоларами в 1970–1971 рр. призвели до колапсу Бреттон-Вудської системи. А зменшення обсягів видобутку нафти країнами-членами ОПЕК спровокувало зростання світової ціни на неї з 3 дол. до 5 дол. за барель, тобто на 67 %, а у 1974 р. – до 12 дол. за барель, що викликало першу світову енергетичну кризу. Вплив цих процесів на виробничу сферу проявився через падіння темпів приросту ВВП до 2,9 % у США, до 2,7 % – у Західній Європі, до 2,3 % – у Східній Європі та СРСР та 4,6 – у Японії (табл.2).

Таблиця 2

Середньорічні темпи приросту ВВП, % (в цінах 2000 р.)

| Цивілізації | 1900-1913 | 1914-1929 | 1930-1937 | 1938-1950 | 1951-1960 | 1961-1970 | 1971-1980 | 1981-1990 | 1991-2000 | 2001-2011 |
|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Весь світ | 2,70 | 2,00 | 1,30 | 2,30 | 5,00 | 4,60 | 3,50 | 2,90 | 2,60 | 2,55 |
| Європа | | | | | | | | | | |
| Західна | 2,10 | 1,40 | 1,90 | 0,40 | 4,50 | 4,90 | 2,70 | 2,40 | 1,90 | 1,81 |
| Східна | 0,90 | 1,30 | 0,80 | 5,30 | 6,90 | 3,60 | 2,30 | 0,50 | 1,10 | 3,43 |
| Колишній СРСР | 3,70 | 0,80 | 2,90 | 4,30 | 7,80 | 3,60 | 2,30 | 0,50 | -6,00 | 6,69 |
| Америка та Океанія | | | | | | | | | | |
| США | 4,60 | 3,10 | 0,70 | 3,90 | 3,30 | 3,80 | 2,90 | 2,60 | 2,80 | 1,58 |
| Латинська Америка | 3,20 | 3,00 | 3,80 | 3,70 | 5,40 | 4,70 | 6,60 | 1,40 | 2,60 | 3,43 |
| Австралія | 3,80 | 1,50 | 1,90 | 3,60 | 3,70 | 5,50 | 3,30 | 3,30 | 2,90 | 2,95 |
| Азія і Африка | | | | | | | | | | |
| Китай | 1,00 | 1,20 | 0,40 | -0,50 | 5,30 | 0,60 | 3,10 | 11,10 | 9,80 | 10,40 |
| Індія | 1,10 | 0,90 | 0,30 | 0,40 | 3,50 | 3,80 | 4,10 | 5,30 | 7,90 | 7,41 |
| Японія | 2,40 | 3,90 | 3,60 | -1,10 | 8,10 | 10,70 | 4,60 | 4,00 | 0,70 | 0,64 |
| Пакистан | 1,70 | 0,70 | 1,50 | 1,70 | 4,30 | 5,20 | 5,40 | 6,00 | 2,30 | 4,42 |
| Північна Африка, Близький Схід | 3,70 | 3,10 | 4,90 | 4,40 | 9,10 | 7,60 | 6,00 | 2,00 | 3,20 | 4,38 |
| Африка, півден. Сахари | 2,80 | 2,60 | 3,20 | 4,40 | 4,40 | 2,80 | 2,30 | 1,70 | 1,30 | 4,73 |

* Складено і розраховано автором за джерелами [14 -15]

В останній чверті ХХ ст. виявилася тенденція уповільнення темпів приросту ВВП – з 4,90 % до 3,05 % в цілому у світі, з 4,79 % до 2,3 % – в Західній Європі, з 4,86 % до 1,01 % – в Східній Європі, з 9,29 % до 2,71 % – в Японії, а євразійська цивілізація опинилася в глибокій кризі – темп падіння ВВП становив 0,42 %. Значними темпами зростає ВВП Китаю (6,72 %) та Індії (5,12 %) (див. рис.1).

Інтенсивність фінансових криз в цей період збільшилась, про що свідчать 5 світових криз, які сколихнули світ. 1979 – 1982 р. – криза в США та всьому світі: синдиговані кредити країнам «третього світу», чергове зростання цін на нафту, спекуляції з нерухомим майном в південно-західних штатах США, сільгоспугіддями та доларом. 1982–1987 рр. – криза в США, що викликана обвалом фондового ринку через зниження капіталізації декількох крупних компаній в США, спекуляціями з елітним житлом та будівництвом офісних споруд. Падіння американського фондового індексу Dow Jones Industrial на 22,6 %. Також обвалу зазнали ринки Австралії, Канади та Гонконгу.

Наступні три кризи надійшли зі Сходу та Південної Америки. У 1990 р. сталася криза у Японії. Розширення грошово-кредитного обсягу відбулося внаслідок скорочення відсоткової ставки ще у 1986 р., що викликало в майбутньому спекуляції на фондовому ринку та ринку нерухомого майна. Політика Міністерства фінансів та Банку Японії по вирішенню цих проблем виявилася дуже повільною та запізнілою, що й спричинило падіння темпів приросту ВВП з 4,6 % до 4 % (див. табл.2).

1994–1995 рр. в економічній літературі отримали назву «Мексиканської кризи». Вона виникла внаслідок значного притоку капіталу, банківських позик, відкриття нових національних банків та націоналізації банків приватизованих ще у 1991 р. Відміна державного контролю за припливом та відпливом капіталу викликала внутрішній бум. З країни було вивезено 10 млрд. дол. США, що спричинило кризу банківської системи. Натомість Мексиці було надано 18 млрд. дол. позики, з яких: 9 млрд – урядом США, 3 млрд – банками США і 6 млрд – іншими країнами та організаціями. На кінець року сума підтримки зросла до 52 млрд дол., зокрема кредит від МВФ нараховував суму, що мала розмір семи квот Мексики у Фонді, це втричі перевищувало припустимі обсяги надання кредитів [16, с. 7].

Ще потужнішою стала фінансова криза 1997–1998 рр., яка охопила Таїланд, Індонезію, Малайзію, Корею, Росію та Бразилію. Банківські позики, «будівельний» бум, «блатний» капіталізм, відміна державного контролю за припливом та відпливом капіталу, позики за кордоном викликали потрясіння на валютному ринку, величезні розпродажі на фондових ринках азійсь-

ких країн. Основними факторами, що сприяли цим процесам, були здійснення урядами цих країн лібералізації руху капіталу та посилення глобалізації світового простору. Азіатська криза зменшила світовий ВВП на 2 трлн дол. США. За допомогою ці країни звернулися до МВФ, Світового банку, Азіатського банку розвитку та використання двосторонніх позик.

Якщо розглянути дані за темпами приросту ВВП у ХХ ст. в розрізі десятиліть, то можна дійти висновку, що індустріальна цивілізація набула тенденції вичерпання власного економічного потенціалу. Темпи приросту ВВП у розвинених країнах, де абсолютно переважає індустріальний економічний лад, знизились з 4,1 % у 50-ті та 5,0 % у 60-і рр. до 2,7 % у 80-ті та 2,2 % в 90-ті рр. ХХ ст. (див. табл. 2). Відповідно уповільнилися темпи зростання продуктивності праці. Перехід до домінування п'ятого Кондратьєвського циклу й адекватного йому технологічного укладу не дав такого ж стрибка в ефективності відтворення, який спостерігався в 1950–1960 рр. через поширення четвертого Кондратьєвського циклу й технологічного укладу в країнах, що розвиваються, був порівняно високим від 4,5 % до 5,3 % [8, с. 27].

Країни, що розвиваються, в цілому зберегли відносно високі темпи приросту ВВП із середньорічними коливаннями в межах 4,5–5,3 %. Ця ситуація склалася через значний вплив на нього таких країн, як-от: Китай, Індія та Південна Корея. У стані затяжної кризи знаходилась африканська цивілізація. Глибоку кризу в 1990-і рр. пережила євразійська цивілізація, меншою мірою – східноєвропейська.

На початку ХХІ ст. тенденція вичерпання потенціалу індустріального економічного ладу, вступу його у фазу занепаду стала проявлятися ще більш чітко. Після світової кризи 2001–2002 рр., недовгого періоду поживлення і початку підйому світова економіка з кінця 2007 р. знову вступила в фазу кризи. Криза 2007–2009 рр., що охопила всю світову економіку, стала за своїми наслідками і сферою поширення винятковою, але водночас мала багато спільного з попередніми. Кризі передував тривалий період збільшення обсягів кредитування, зростання цін на активи, низькі премії за ризик і виникнення «бульбашок» в секторі нерухомості. За даними МВФ, світовий ВВП з 1990 р. до 2002 р. збільшився приблизно на 42 %, а з 2002 р. до

2007 р. – ще майже на 34 %. При цьому світові обсяги фінансових активів інвестиційних інститутів у 2007 р. перевищили світовий ВВП в десять разів [17, с. 38]. Ще з 2006 р. в США розвивалась іпотечна криза, яка була спровокована діями Федеральної резервної системи США. Остання надмірно знизила процентну ставку й утримувала її на неадекватно низькому рівні, що й зумовило зростання попиту та цін на нерухомість. Через іпотечний бум банки знизили вимоги до кандидатів, як наслідок – обсяг боргу становив 600 млрд дол. (20 % національного іпотечного ринку) [18, с.3].

Особливо значного впливу від кризи 2008–2009 рр. зазнали високорозвинуті північноамериканська, західноєвропейська та японська цивілізації, а серед найменш розвинутих – африканська. У 2007 р. саме країни цих цивілізацій мали найвищий для них за останні 20 рр. показник зростання 3,3 %, падіння ж у кризовий період становило 6,6 %, оскільки темп зростання ВНД у 2009 р. був від’ємним – 3,3 %. Водночас китайська та індійська цивілізації, незважаючи на це, продовжували розвиватися високими темпами. Незаможні країни, які не мали можливості впливати на розподіл доходів у світі, особливо нічого й не втратили, залишаючись фактично за межею бідності. Максимальними темпи приросту у них були в 2004 р. – 6,8 %, у 2009 р. (період кризи) вони становили – 4,7 %, отже, найбільший розрив в цих показниках був близько 2,1 %. Країни із середнім рівнем ВНД на душу населення відчували його падіння в розмірі – 5,7 % з 2007 р. до 2009 р., хоча у 2010 р. вони вже відновили свій рух угору до 7,8 % річних (рис. 2).

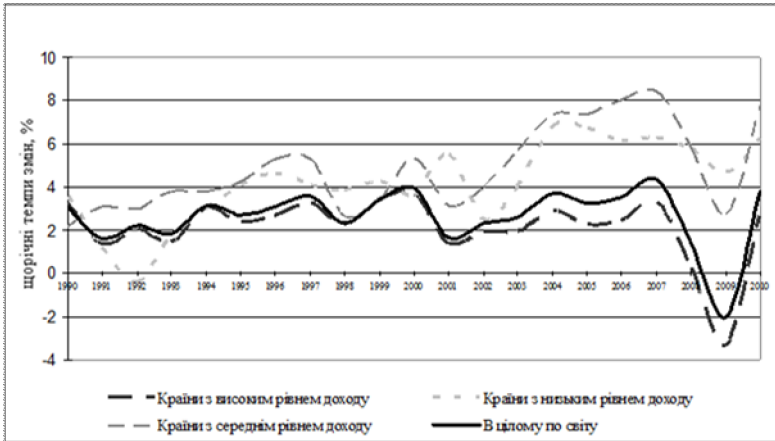


Рис. 2. Динаміка темпів зростання ВВП за групами країн (складено автором за даними Світового банку [14])

Але навіть такі потужні фінансові кризи та зрушення у динаміці ВВП не змінили економічної влади у геоekonomічному просторі. Головними лідерами, поки що, залишаються економічно розвинуті країни, хоча частка китайської та індійської цивілізацій поступово зростає. Розподіл економічного багатства за цивілізаціями може слугувати ще однією характеристикою геоekonomічних трансформацій, що, в першу чергу, пов'язаний з обсягами виробництва ВВП. Сучасна ситуація показує, що економічне зростання у багаточисельних країнах, що розвиваються: Китаї, Індії, Бразилії, Росії впливає на необхідність формування нової парадигми розподілу світового багатства.

Отже, динаміка темпів приросту ВВП та частки кожної з цивілізацій або країн в обсягах світового продукту уможливорює визначення геоekonomічного розподілу сил у структурі світового господарства. Так, у період ранньоіндустріальної цивілізації й до початку індустріальної світовими економічними лідерами були китайська та індійська цивілізація, – на них припадала майже половина світового ВВП. Західна Європа посідала третє місце. Далі йшли Африка, Росія, Японія і США, які скромно замикали позиції (у 1700 р. – 0,1 % світового ВВП). Індустріальний лад різко змінив територіальні пропорції у розподілі економічної потужнос-

ті. Західна Європа досягла в 1870–1913 рр. третини світового ВВП, за нею стрімко підвищували свій потенціал Сполучені Штати Америки (1913 р. – 19 %, у 1950 – вже 27 %). Лідерами стали північноамериканська й західноєвропейська цивілізації – на їх частку у 1973 р. припадало більше половини світового ВВП. Наступними були євразійська (більше 9 %), латиноамериканська (близько 9 %) і японська (близько 8 %) цивілізації. Частка китайської та індійської цивілізацій разом взятих не досягала і 8 %, Східної Європи та Африки – трохи більше 3 % кожна [8, с. 29]. Що ж стосується Китаю та Індії, то якраз починаючи з кінця XX ст. їх частка почала зростати з 4,6 % у 1973 р. до 12,3 % у 2001 р. та з 3,1 % до 5,4 % відповідно (рис. 3).

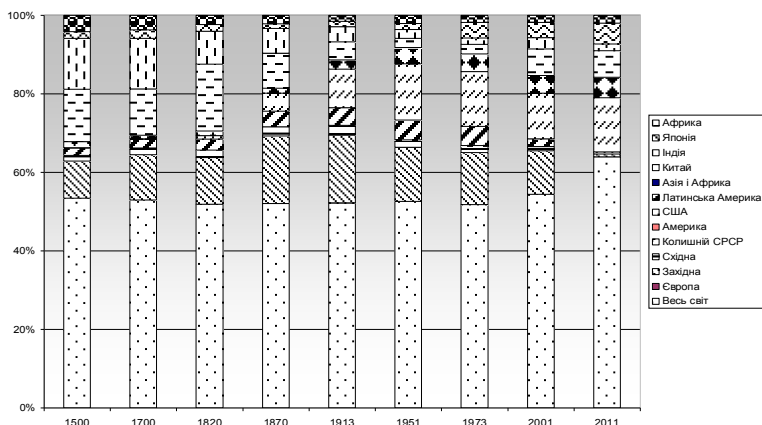


Рис.3. Динаміка частки цивілізацій в світовому ВВП (%). Складено і розраховано автором за джерелами [9, с. 261; 15].

Ці дані підтверджують поглиблення асиметрії у соціальній структурі міжнародної економіки, яка проявляється через загострення суперечностей не лише між національними економічними інтересами, а й світовими центрами економічного суперництва, цивілізаціями; розвинутими країнами, країнами, що розвиваються, та країнами третього світу; соціальними верствами населення (економічна стратифікація) тощо. Всі ці тенденції можна підтвердити даними, що систематизуються та уза-

гальнуються на основі сучасних інформаційних систем та технологій.

Аналогічні підходи можна застосувати й до аналізу трансформацій галузевої та відтворювальної структури виробництва, беручи за основу показники зайнятості населення різних країн і цивілізацій у сільському господарстві, промисловості та сфері послуг. Це може бути наступним кроком аналізу кардинальних змін у геоekonomіці.

Особливу увагу слід звернути на дослідження світового фінансового простору, що набув останнім часом ознак глобального. Сьогодні фінансова сфера генерує найсильніші імпульси економічної динаміки та нестабільності, оскільки відбувається перехід функцій головного двигуна розвитку від промислового до фінансового капіталу. Саме фінансовий капітал на початку ХХІ ст. задає темп економічного зростання, спрямовує структурні зрушення та спричиняє накопичення диспропорцій та асиметрій розвитку геоekonomіки. Сучасні геоekonomічні трансформації набувають фінансового «присмаку». Зміщується акцент з реальних на фінансові ринки, які стають більш глобалізованими через розвиток власної інфраструктури та участь у їх діяльності найбільш глобалізованих суб'єктів: комерційних та інвестиційних банків, пенсійних і хедж-фондів, страхових компаній тощо. Міжнародні ж корпорації все більше у своїй діяльності використовують фінансові механізми контролю та управління. Віртуалізація фінансових інструментів призводить до відриву пропозиції грошей, цін і валютних курсів від реальної економічної основи, чим спричиняє нестабільність [19, с. 23]. На думку Шарля Голдфінгера, «геофінанси, тобто новий фінансовий простір-час, ігнорує закони географії та національні кордони, є синтезом світових грошей, інформаційних технологій та лібералізації законодавчого регулювання» [20, с. 23].

Отже, аналіз впливу фінансових криз на геоekonomічні трансформації за допомогою сучасних математичних інструментів є особливо важливим не лише для визначення сучасних тенденцій розвитку світового господарства, а й для прогнозування подальших змін у геоekonomічному просторі. Наступним кроком дослідження цієї проблеми може бути розробка прогнозних моделей подальших наслідків впливу фінансових криз на глобальний економічний простір та запобігання їх регресив-

ного характеру в контексті геоекономічного розвитку.

Література

1. Валлерстайн И. Конец знакомого мира: Социология XXI века / Пер. с англ., под ред. В. Л. Иноземцева. – М.: Логос, 2003. – 368 с.
2. Anthony Giddens. Capitalism and Modern Social Theory: An Analysis of the Writings of Marx, Durkheim and Max Weber. - Cambridge University Press, 1973. –266 стр.
3. Robertson, R. Interpreting Globality // Ed. by Robertson, R. World Realities and International Studies. – Glenside (Pa.): Pennsylvania Univ. Press, 1983.
4. Robertson, R. The Relativization of Societies: Modern Religion and Globalization // Robbins, T., Shepherd, W. and McBride, J. Cults, Culture, and the Law: Perspectives on New Religious Movements. – Chicago: Scholars Press, 1985; Robertson, R. Globalization: Social Theory and Global Culture. – London; Thousand Oaks (Ca.): Sage Publications, 1992.
5. Шенаев В. Н. Глобализация – объективный мировой процесс // Многоликая Европа: пути развития. – М., 2002.
6. Шумилов М. М. Концептуальные основы глобализации // CREDO NEW теоретический журнал, – 2005, – №1.
7. Фитуни Л., Абрамова И. Закономерности формирования и смены моделей мирового экономического развития // Мировая экономика и международные отношения. – № 7. – 2012. – С. 3-15.
8. Кузык Б. Н., Яковец Ю. В. Становление интегрального экономического строя – глобальная трансформация XXI века. / Б. Н. Кузык, Ю. В. Яковец. – М. : Институт экономических стратегий, 2008. — 144 с.
9. Maddison A. The World Economy. Historical Statistics. Paris: OECD, 2003.
10. Педь І. В., Лисенков Ю. М., Ящук С. П. Світові фінансово-банківські кризи: особливості та причини виникнення // Електронне наукове фахове видання "Ефективна економіка" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://economy.nayka.com.ua/index.php?operation=1&iid=1248>
11. Kindleberger C. P., The World in Depression, 2nd ed. (Berkeley: University of California Press, 1986).

12. Mishkin F. S. Asymmetric Information and Financial Crisis: A Historical Perspective // National Bureau of Economic Research, 1991. – P. 108 – [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.nber.org/chapters/c11483.pdf>
13. Samuelson R. J. The Financial Crisis and the Great Depression // The Washington Post. – 2009. – April 20. – P.13.
14. Мировая экономика. Глобальные тенденции за 100 лет. М.: Экономистъ, 2003. – С. 507–508.
15. Офіційний сайт Світового банку [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://data.worldbank.org/indicator/all>
16. Алексащенко С. В. Битва за рубль / С. В. Алексащенко // – М. : Alma Mater, 1999. – 239 с.
17. Economic Crisis in Europe: Causes, Consequences and Responses // Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities European Commission, 7/2009. – 90 p. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://www.ec.europa.eu/economy_finance/publications
18. Mah-Hui L. Old Wine in a New Bottle: Subprime Mortgage Crisis – Causes and Consequences // The Levy Economics Institute of Bard College Working Paper – NY: Annandale-on-Hudson, 2008 No. 530. – 30p. – [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1126274
19. Сіденко В. Модифікація світової економіки під впливом новітніх факторів глобальної трансформаційної кризи // Економіка України. – № 5. – 2012. – С. 18-31.
20. Моро-Дефарж Ф. Введение в геополитику. – М. : Конкорд, 1996. – 148 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://grachev62.narod.ru/dfrg/content.htm>

РОЗДІЛ II. МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ І МОДЕЛІ В ЕКОНОМІЦІ

МОДЕЛЮВАННЯ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ ДЛЯ УМОВ РИНКОВОЇ РІВНОВАГИ²

В.О. Точилін

м. Київ, ДУ «Інститут економіки та прогнозування НАН України»

С.В.Куреня

м. Біла Церква, Білоцерківський національний аграрний університет

Економіко-математична модель – це спеціальний (за допомогою математичних символів) опис економічних процесів і явищ. Модель являє собою кінцевий результат процесу моделювання – побудови економіко-математичного аналога (моделі), який відкриває можливість вивчення економічного об'єкта (процесу чи явища) не безпосередньо, а подібного йому аналога, відображаючого основні його елементи та суттєві зв'язки між ними і більш доступного для експерименту (імітації).

Економіко-математичні моделі будуються, виходячи з теорії (аксіом, гіпотез) методом математичної формалізації й економічної інтерпретації, як елементів і зв'язків, так і основних складних компонентів: рівнянь, систем рівнянь, матриць і т.п. За принципами своєї побудови моделі суттєво відрізняються від математичних задач (наприклад, задач лінійного і нелінійного програмування). Останні за відомими алгоритмами та інформаційними технологіями використовуються для практичних розрахунків невідомих величин по відомих параметрах. Отже, економіко-математична модель – поняття теоретичне, а економіко-математична задача – практичне та розрахункове. Такий поділ важливий для методології моделювання, тобто теоретичного (модельного) опису й аналізу структури досліджуваного економічного об'єкта.

Будь-яка економіко-математична модель має бути гомомо-

² Включаючи екскурс в діалектику переходу від моделей «виробничого типу» до моделей «часткової ринкової рівноваги».

рфною по відношенню до існуючих елементів і зв'язків (тобто структури) описуваного нею об'єкта (оригінала або прообразу). Між моделлю та об'єктом обов'язкові наступні два типи співвідношень: кожному елементу і кожному його зв'язку в об'єкті моделювання відповідає один елемент і його зв'язки в моделі; якщо для деякого набору елементів об'єкта моделювання мають місце певні зв'язки, то й для відповідних елементів моделі обов'язкові відображення даних зв'язків. Природно, що економіко-математична модель відбиває, як правило, лише основні елементи й основні зв'язки і до того ж в математичній (абстрактній) формі. В силу цього твердження «модель повинна бути гомоморфною», є з позиції принципів її побудови або моделювання методологічним та фундаментальним. По відношенню до економіко-математичних задач дане твердження можна використовувати не в дуже суворому формулюванні, бо останні на відміну від моделей розв'язують вузько спрямовані задачі (оптимальні виробничі програми, оптимальне розміщення виробництва, оптимізація перевезень і т.п.).

Більш того, моделі повинні бути не тільки гомоморфними, відносно суттєвих елементів та їх зв'язків, але й ізоморфними, тобто тотожної структури. Тотожність тут треба розуміти як математичну й інтерпретаційну (змістовну) відповідність: об'єкт і модель різні за формою, але тотожні за структурою відображених елементів і їх зв'язків: кожному елементу і кожному зв'язку об'єкта моделювання точно відповідає один елемент та один його зв'язок в моделі і навпаки. Іншими словами, побудованій, структурно-обумовленій економіко-математичній моделі відповідає дійсний економічний об'єкт. Це приводить до твердження, що за допомогою правильно побудованої моделі (гомоморфної та в більшій мірі ізоморфної по відношенню до основних елементів та їх суттєвих зв'язків) можливі такі висновки, які не впливають безпосередньо із дослідження об'єкта моделювання іншими («не модельними») методами. Більш того, за допомогою ізоморфної моделі можна показати, що об'єкт моделювання не має повної (необхідної та достатньої) для ефективного функціонування системи елементів, або деякі важливі внутрішні (іманентно притаманні) елементи в ній штучно замінені на «привнесені» ззовні.

В цьому полягає одна з найважливіших особливостей еко-

номіко-математичного моделювання. Дані моделі як теорія можуть бути «ширше», чим описувані об'єкти-елементи економічної системи. Часто лише внесення в модель яких-небудь «обмежуючих» елементів робить їх гомоморфною по відношенню до описуваного нею об'єкта. В силу цього «моделі планової економіки» були лише гомоморфними, бо в них вносилися штучні «обмеження»: планові (розрахункові) ціни, планова (розрахункова) рентабельність, поза ринкова система розподілу ресурсів та ін. Як тільки ці «обмеження» в теоретичній економіко-математичній моделі «знімалися», вона вступала в протиріччя з існуючою системою господарювання. Дуже яскраво це показав лауреат Нобелівської премії академік Л.В.Канторович у своїй фундаментальній монографії [1]. Наведемо лише одне з його доведень: оптимально обумовлені оцінки, отримані на базі моделі раціонального використання виробничих ресурсів, є більш важливими, ніж розраховані виробничі програми (плани). Дані оцінки в той час (1960-1970 рр.) називалися порізному (граничні чи оптимальні оцінки, тіньові ціни), але той факт, що вони не були сумісними із плановими (нормованими, середніми) цінами, був строго доведений за допомогою економіко-математичної моделі. Це говорить про те, що система, яка планує ціни, не є ізоморфною економічною системою. Сама модель Канторовича, не дивлячись на її зовнішню простоту, виявилася більш «економічною», ніж та система в якій господарювали підприємства.

Внаслідок цього твердження, а саме: «ізоморфна модель може точніше, ніж гомоморфна, відбивати реальність, але на практиці всі економічні моделі – гомоморфні, бо вони спрощено та односторонньо відбивають економічні об'єкти та процеси» [2, с. 96] – є не повністю вірним, бо економіко-математична модель при її методологічно правильній побудові може бути більш повною (по елементам і зв'язкам), ніж модельований об'єкт, що належить певній економічній системі, насамперед, планово-розподільній. Для доведення цього продовжимо приклади.

Після того, як Канторович довів пріоритетність об'єктивно обумовлених оцінок, іманентно притаманних модельованій (виробничій) системі, і особливо після того, як вони набули в теорії моделювання придбали широку «відомість», але під ін-

шими назвами (оптимальні або граничні оцінки, «тіньові» ціни), виникли методи декомпозиції складних (блочних) моделей багатогалузевих виробничих комплексів. Було доведено [3], що основним зв'язуючи елементом локальних моделей (підприємств, галузей) в глобальну модель (об'єднання підприємств, багатогалузеві комплекси) є саме ці внутрішньо системні оцінки. Після цього їх правомірно почали протиставляти плановим цінам як зовнішнім і саме тому не іманентним системі. Це суперечило економічним принципам колишньої системи, яка розглядала ціни лише як елемент госпрозрахунку: при нормативних, не нижче середньогалузевих витратах (собівартості) вважалось, що такі розрахункові ціни забезпечують розширене відтворення. Основою пропорційного розвитку вважалось планове (централізоване) збалансування об'ємів виробництва та спожитих ресурсів.

На прикладі методів декомпозиції було доведено, що це не так. Основою збалансування (з'єднання) в систему господарювання окремих виробництв є лише оціночні показники, які за означенням Канторовича, іманентно притаманні системі. Такий підхід був по суті близьким по ідеї принципам ринкової рівноваги, де в якості економічного регулятора виступають ринкові (а не планово-розрахункові) ціни.

Але зрозуміло було й інше – повністю децентралізованих виробничо-економічних систем не буває. В роботах [3, 4] їх автори, теоретично розв'язуючи цю проблему, використовували методи узгодження глобального оптимума загальної виробничо-господарської системи з локальними оптимумами окремих виробництв (підприємств, галузей). Вони розглядали самий загальний випадок: чи досягається повне узгодження виробничих програм (локальних оптимізаційних планів) за допомогою оптимальних оцінок вироблених продуктів і оптимальних оцінок використовуваних ресурсів? При досить загальних передумовах було показано, що якщо виробники товарів керуватимуться лише цими оцінками як деяким аналогами ринкових цін, то в такій економічній (повністю децентралізованій) системі обов'язково буде мати місце деяка кількість виробників товарної продукції, чиї локальні оптимуми (інтереси) вступ-

лять у протиріччя з глобальним оптимумом³. Останнє є вагомим аргументом, але на користь не державного планування, а державного регулювання. При цьому безперечно, що основним (необхідним, але при деяких умовах недостатнім) регулюючим фактором економічної системи є ринкові («іманентно притаманні» за Канторовичем) ціни.

Розглянутий вище загальнотеоретичний підхід до побудови економіко-математичних моделей тут необхідний для того, щоб показати суттєвий зв'язок і перехід від типових моделей «виробничого типу» до «моделей економічної рівноваги» і, крім того, зазначити, що багато попередніх теоретико-методологічних підходів до економічного моделювання містили «паростки» майбутніх моделей, особливо «перехідних» від попередньої системи через лібералізацію цін та державне регулювання.

«Рівновага-стійкість-зростання» – ця тріада достатньо глибоко досліджена Вальрасом, Нейманом, Гейлом, та узагальнена у фундаментальній роботі Морішими [5]. Їх праці уявляють собою синтез збалансованості виробництва на базі ринкових цін, як основного елемента економічної рівноваги, а також умов зростання на основі конкуренції товаровиробників та таких зовнішніх регуляторних елементів як податки та відсоткові ставки за залучений до економіки додатковий фінансовий капітал. Для будь-якої виробничо-господарської системи досягнення економічної рівноваги є невід'ємна умова її подальшого зростання або, іншими словами, розширеного відтворення, яке спирається на зростаючу ємність ринку. Збалансована система «попит-пропозиція» опосередковується ринковими цінами, які є рівноважними цінами або цінами рівноваги.

В економічній системі інструментом збалансування є модель міжгалузевого балансу:

$$(E - \bar{A}) \bar{X} = Y,$$

³ Це твердження відноситься до економічної системи в цілому. Для окремо взятого товаровиробника, функціонує в ринкових умовах чистої конкуренції, має місце твердження: «Якщо виробники керуються граничними оцінками (граничними поточними витратами) та прагнуть максимізувати свої прибутки, то впливаючий звідси план (виробнича програма) буде єдиним (оптимальним)» [3, с. 173-174].

де E – матриця одиничного випуску з елементами δ_i^j , у яких індекси $i=1, \dots, n$ використовуються для продуктів, що випускаються, а $j=1 \dots, n$ для так званих «чистих галузей», тобто які випускають лише один продукт: при $i=j$ коефіцієнт випуску дорівнює одиниці, а при $i \neq j$ – нулю;

\bar{A} – матриця прямих витрат i -х продуктів у галузі j з елементами a_i^j , отже, $a_i^{j=i}$ – внутрішньогалузеві витрати власних продуктів (продуктів власного виробництва);

\bar{X} – вектор валових випусків x_{ij} – i -х продуктів у галузі j , при $i=j$

$$x_{ii} > 0; \text{ при } i \neq j \text{ } x_{ij} = 0;$$

Y – вектор кінцевих випусків i -х продуктів – y_i .

Міжгалузевий баланс «інертний» до цін. При будь-яких цінах $P = [p_i]$ його розрахункові параметри X не змінюються.

Ціни як зовнішній параметр присутні в локальних виробничих системах. Для їх моделювання найбільш адекватною є «модель виробничого типу» [6]:

$$(I - A) X - Y' \geq Y^0$$

$$RX \leq R^0$$

$$- SX + P Y' \rightarrow \max,$$

де I – матриця, випуску i -х продуктів в j -х галузях s -ми технологічними способами; її елементи δ_i^{js} , $s = 1, \dots, m$;

A – матриця прямих витрат з елементами a_i^{js} ;

X – матриця валових випусків по технологічних способах з елементами x_{js} ;

Y^0 і Y' – відповідно матриці фіксованих і додаткових випусків i -х кінцевих продуктів з елементами y_i^0 і y_i' ;

R – матриця прямих (на одиницю випуску) витрат g -х ресурсів з елементами τ_g^{js} , $g = 1, \dots, k$;

R^0 – вектор наявних об'ємів ресурсів τ_g^0 ;

S – вектор витрат (у вартісному вираженні) чи собівартість, «очищена» від внутрішньовиробничих витрат – при використанні продукції власного виробництва, його коефіцієнти s_{js} визначаються по відношенню до кожного технологічного способу – s ;

P – вектор «зовнішніх» цін.

Підсистема $(I - A) X - Y' \geq Y^0$ за результатами оптимізаційних розрахунків може бути перетворена в систему міжпродуктового (міжгалузевого) балансу за допомогою усереднення

коефіцієнтів δ_i^{js} і a_i^{js} , при якому в якості важелів виступають об'єми валових випусків по відповідних технологічних способах, а саме:

$$\sum_{s=1}^m x_{js} = x_j ;$$

$$\frac{\sum_{s=1}^m a_i^{js} x_{js}}{x_j} = a_i^j ; \quad \frac{\sum_{s=1}^m \delta_i^{js} x_{js}}{x_j} = \delta_i^j ,$$

крім того сума, $Y' + Y^\circ = Y$.

В локальних виробничих системах міжпродуктова (міжгалузева) збалансованість (пропорційність) досягається відносно формалізованого критерію оптимальності, формально описуваного цільовою функцією

$$PY' - SX \rightarrow \max .$$

Дану функцію або формалізований критерій, досить важко визначити як якийсь певний показник, бо в ньому SX - витрати виробництва на весь вироблений валовий продукт, тобто $SX = \bar{S} (E - \bar{A})^{-1} (Y' + Y^\circ)$, а ціни віднесені тільки лише до «додаткової» кінцевої продукції Y' . Для того, щоб даний формальний показник (критерій) був віднесений до всієї кінцевої продукції, необхідно, щоб Y° був цілком нульовий, а $Y' = Y$. Для цього модель повинна мати продуктову підсистему наступного вигляду

$$(I - A) X - Y = 0$$

або, що є одне і те ж саме,

$$(I - A) X = Y .$$

В цьому випадку всі балансові пропорції як у продуктової, так і ресурсній підсистемах визначаються «зовнішніми» цінами.

В цьому випадку цільова функція $PY - SX \rightarrow \max$ трактується як «прибуток». Природно, що в розв'язок увійдуть ті технології з ненульовими (додатними) інтенсивностями, для яких прибуток буде додатнім (а не від'ємним і не нульовим). Всі інші технологічні способи не будуть використовуватися. Таким чином, єдиним регулятором виробництва (об'єму випуску) стають «зовнішні» ціни. Вони і є регулятором «економічної рівноваги» локальної виробничої системи.

Такий структурний і інтерпретаційний (економічний) під-

хід до модифікації моделей виробничого типу повністю відповідає теорії економічної рівноваги.

По-перше, теорія економічної рівноваги спирається, як правило, на оптимізаційні моделі.

По-друге, при дослідженні економічної рівноваги виходять з того, що кінцеві випуски продукції (товарів) залежать від цін, і ці залежності (попиту-пропозиції) вельми складні. В оптимізаційних моделях залежності, які визначають пропозицію товарів визначаються відповідними системами або залежностями, які зв'язують в єдину систему валове і кінцеве виробництво, їх ресурсне забезпечення, витрати виробництва й ціни.

Отже, для завершення доведення того, що розглянута модифікація моделі «виробничого типу» є прообразом моделі економічної рівноваги саме на рівні окремо узятого підприємства, проведемо наступну аналогію з відомою мікромоделлю поведінки підприємства на ринку [7, с.286-291], тобто вибору підприємством оптимальних обсягів виробництва товарів⁴:

а) нехай X – шукані об'єми виробництва продукції (тут $X=Y$),

C – перемінні витрати;

K – сталі витрати, тобто незалежні від об'ємів виробництва;

P – «зовнішні» (ринкові) ціни;

б) загальні витрати можуть бути визначені як функція

$$F(X) = K + C(X);$$

в) прибуток представлений як різниця вартості товарної продукції і загальних витрат:

$$M(X) = PX - K - C(X);$$

г) оптимальний об'єм визначається при максимізації функції $M(X)$. Необхідною умовою оптимізації є рівність нулю її першої похідної:

$$\frac{\partial M(X)}{\partial X} = \frac{\partial PX}{\partial X} - \frac{\partial K}{\partial X} - \frac{\partial C(X)}{\partial X} = 0,$$

⁴ Попереднє зауваження: на конкурентному ринку ціна не залежить від об'ємів виробництва на окремому підприємстві, тобто який би не був випуск його продукції, він не порушує масового попиту й ціни.

$$\partial X^* \quad \partial X \quad \partial X \quad \partial X$$

звідки

$$P = \frac{\partial S(X)}{\partial X} .$$

Останнє співвідношення економічно трактується таким чином: оптимальний об'єм виробництва на окремому підприємстві при його орієнтації на ринкові ціни досягається при рівності його граничних змінних витрат даним ринковим цінам. Якщо ціни не змінюються, дані об'єми виробництва приносять підприємству максимальний прибуток. Отже, доведено, що саме ринкові ціни і є регулятором збалансованості розвитку підприємства.

По суті до подібного висновку прийдемо, якщо аналізується вищенаведена модифікація виробничої моделі:

$$(I - A) X - Y = 0$$

$$RX \leq R^0$$

$$- SX + PY \rightarrow \max .$$

Представимо дану модель у вигляді деякої функції. Така функція, яка визначається за допомогою коефіцієнтів P^* , U отримала назву функції Лагранжа:

$$Z(X, P, U) = - SX + PY - P^* [(I - A) X - Y] + U [RX - R^0].$$

Виконаємо її диференціювання, прирівняємо до нуля її першу похідну та отримаємо:

$$P = S + P^*A + UR, \quad P = P^*, \quad X = URX = PY - SX.$$

Граничні витрати на виробництво продукції співпадають із «зовнішніми» (ринковими) цінами

$$P = P^* = S + PA + UR,$$

де $(S + PA)$ – собівартість, UR – прибуток, як різниця між ціною товару і витратами на його виробництво. При цих умовах досягаються ті об'єми виробництва, що оптимізують загальний прибуток підприємства, тільки при оптимальних цінах рівних ринковим, тобто $P = P^*$.

Таким чином наше представлення моделі підприємства для виявлення умов ринкової рівноваги, встановлено, при яких умовах досягається збалансованість між об'ємами виробництва та ринковими. Більш складні залежності, які визначають ринкову рівновагу, спостерігаються при переході від моделювання

окремого підприємства до моделювання складних виробничо-господарських систем, але принцип моделювання зберігається.

Список використаної літератури:

1. Канторович Л.В. Экономический расчет наилучшего использования ресурсов. – Москва: Изд-во АН СССР, 1959. – 341 с.
2. Математика и кибернетика в экономике. Словарь-справочник. – Москва: «Экономика», 1971. – 223 с.
3. Аганбегян А.Г., Багриновский К.А., Гранберг А.Г. Система моделей народнохозяйственного планирования. – Москва: Мысль, 1972. – 351 с.
4. Данилов-Данильян В.И., Завельский М.Г. Система оптимального перспективного планирования народного хозяйства. – Москва: Наука, 1975. – 320 с.
5. Моришима М. Равновесие, устойчивость, рост / многоотраслевой анализ/. – Москва: Наука, 1972. – 201 с.
6. Точилин В.А. Корректность экономико-математических моделей. – Киев: Наук. думка, 1989. – 176 с.
7. Хайман Д.Н. Современная микроэкономика: анализ и применение. В 2-х т. Т. I. Пер. с англ. – Москва: Финансы и статистика, 1992. – 384 с.

ИНВЕСТИЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ РОССИЙСКОГО СТРАХОВОГО БИЗНЕСА: СОСТОЯНИЕ, ПЕРСПЕКТИВЫ, МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ ПОРТФЕЛЕЙ НА ФИНАНСОВЫХ РЫНКАХ

А.Ю. Казак, Ю.Э. Слепухина

Россия, г. Екатеринбург, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

Роль страхования, как механизма управления различными рисками, необходимого для устойчивого функционирования экономики и особенно актуального в период посткризисного развития, безусловно, трудно переоценить. Стабильное развитие экономики во многом определяется состоянием инфраструктуры рынка, которая немыслима без надежно функционирующей и устойчивой системы страхования, а одним из главных и определяющих факторов устойчивости страхового рынка является эффективность инвестиционной деятельности его участников – страховых компаний. Причем, с одной стороны, эффективное управление инвестиционным потенциалом страховщика способствует повышению рентабельности, платежеспособности и финансовой устойчивости конкретных страховых организаций (на микроуровне), а с другой – посредством активной инвестиционной деятельности страховых и перестраховочных компаний реализуется инвестиционная функция категории страхования, а именно, через вложения временно свободных денежных средств страховых резервов (и собственных средств) в различные активы и инструменты фондового и других рынков происходит финансирование экономики в целом (на макроуровне).

В условиях преодоления негативных последствий кризисных явлений 2008-2010 г.г. проблема повышения эффективности инвестиционной деятельности страховых компаний и совершенствования системы управления инвестиционным потенциалом страхового рынка, в целом, приобретает особую актуальность.

Следует отметить, что эффективность инвестиционной деятельности российских страховщиков еще с начала монополизации страхового рынка традиционно считается очень низ-

кой, хотя их инвестиционный потенциал (особенно в аспекте «длинных» денег) во многом превосходит потенциал других институциональных инвесторов. Данная проблема хотя и рассматривалась некоторыми российскими учеными (как правило, страховщиками-практиками), но является недостаточно разработанной, в том числе и потому, что в условиях выполнения всех требований государственного регулятора страхового рынка по размещению временно свободных денежных средств (страховых резервов и собственных средств) у страховщика фактически не остается возможности маневра по формированию эффективного инвестиционного портфеля с точки зрения оптимального сочетания доходности и риска.

По нашему мнению, причины низкой инвестиционной активности российских страховщиков и, как следствие, низкой эффективности их инвестиционной деятельности, связаны:

с одной стороны, с несовершенством действующего законодательства в области страхования, поскольку в условиях выполнения требований по инвестированию и соблюдения структурных соотношений активов, принимаемых в покрытие страховых резервов⁵, у страховщиков практически отсутствует возможность хеджирования рисков с помощью применения производных финансовых инструментов и, соответственно, формирования портфеля с более высокой доходностью;

с другой – с неготовностью страховщиков использовать имеющиеся современные инструменты фондового и других рынков, продукты финансового инжиниринга, и адаптировать существующие методы управления инвестиционным портфелем к специфике страховых компаний.

Учитывая практическое отсутствие в российских страховых компаниях эффективных систем управления финансовыми рисками нами предлагаются следующие направления повышения эффективности управления инвестиционным портфелем страховщика и совершенствования систем риск-менеджмента в

⁵ Об организации страхового дела в Российской Федерации. Федеральный закон от 27 ноября 1992 г. № 4015-1 в редакции Федерального закона от 10.12.2003 № 172-ФЗ; Приказ МФ РФ от 8 августа 2005 г. №100н «Об утверждении правил размещения страховщиками средств страховых резервов»

страховом бизнесе, в целом.

1. Наиболее оптимальным инструментом снижения инвестиционного риска страховщика является секьюритизация страховых активов, как с точки зрения стоимости и срока покрытия риска, так и с точки зрения возможности привлечения капитала.

Секьюритизация в страховании имеет свои особенности. Страховые компании, как представители весьма капиталоемкой отрасли, вынуждены выходить на рынок ценных бумаг в качестве крупных получателей долевого и долгового привлеченного капитала. Это значит, что они вынуждены становиться эмитентами собственных ценных бумаг.

Однако в настоящее время страховые компании не ограничиваются традиционным привлечением капитала через фондовый рынок. Теперь эмиссия ценных бумаг рассматривается как вариант передачи страхового риска. Речь идет об облигациях, основанных на страховых рисках. Они представляют собой финансовый инструмент смешанного типа. Покупателю облигации предлагается повышенная доходность (по сравнению с обычными облигациями), но если произойдет оговоренное страховое событие (стихийное бедствие, смерть и т.д.), то он теряет и проценты, и часть вложенной суммы, а иногда и всю. Страховая компания-эмитент предлагает инвестору-держателю облигации пари. Инвестор ставит на то, что страховое событие (например, землетрясение) – это довольно редкое явление, поэтому если повезет, то он может рассчитывать на высокий доход.

Общая схема секьюритизации в страховании представлена на рис. 1.

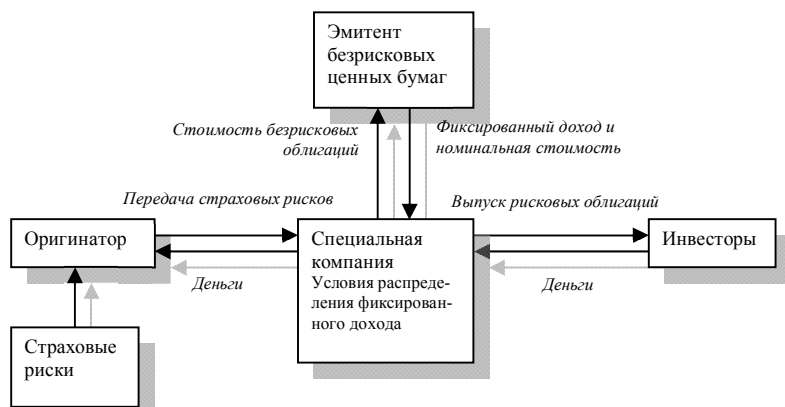


Рис. 1. Схема секьюритизации в страховании

1. Оригинатор (страховая или перестраховочная компания) несет обязательства по рискам, принятым на страхование. Чтобы захеджировать данные риски, оригинатор заключает договор со специальной компанией, по которому за фиксированную плату получает определенный доход при реализации риска (наступлении страхового события).

2. Специальная компания выпускает облигации, основанные на страховых рисках, купон по которым является плавающим и зависит от наступления страхового события, и покупает безрисковые долговые бумаги, доход от которых – в соответствии с договором и условиями выпуска облигаций – будет распределяться между оригинатором и держателями рискованных облигаций (рис. 2).

К тому же в отличие от обычных портфельных инвестиционных рисков риск катастроф абсолютно не зависит от динамики макроэкономического цикла, следовательно, принятие в портфель ценной бумаги, основанной на страховом риске, позволяет диверсифицировать вложения и взаимно погасить риски. Страховщик же, наоборот, ставит на то, что если страховое событие все таки произойдет, он гарантированно покроет убытки за счет привлеченных таким образом средств. Если же страховое не произойдет, то страховщик не понесет большие убытки, так как ему, как правило, удастся перестраховать данные риски.

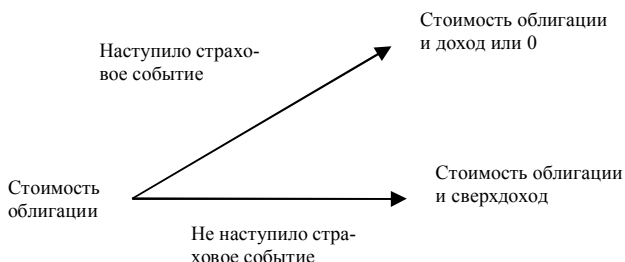


Рис. 2. Доход инвестора при секьюритизации в зависимости от наступления страхового события

Подобная деятельность для страховщика не может расцениваться как чисто эмиссионная, так как это уже не просто торговля облигациями, а перераспределение риска за плату, близкое по своей сути к перестрахованию.

Секьюритизация имеет большие перспективы, так как увеличивает емкость страхового рынка и обеспечивает защиту от страховых рисков. При этом сокращается (по сравнению с перестраховочными каналами) число ступеней перераспределения риска и затраты на его организацию, и следовательно, в конечном итоге уменьшается стоимость услуг для страхователей.

Таким образом, основными особенностями секьюритизации в страховании является то, что:

- портфель требований или прав остается у originатора;
- исполнение обязательств по долговым бумагам зависит от наступления страхового события (перераспределение страховых рисков).

По нашему мнению, механизм секьюритизации, как инструмент управления финансовыми рисками страховщика, будет использоваться в страховом бизнесе по следующим причинам:

- Во-первых, секьюритизация часто предоставляет нестандартные условия договора, например, большой объем перестраховочной защиты (в перестраховании рисков повреждения имущества при катастрофах), защиту от рисков, не по-

крываемых традиционным перестрахованием (долгосрочные риски смерти), защиту от необычных рисков.

- Во-вторых, секьюритизация исключает риск дефолта контрагента (контрактный риск).

- В-третьих, секьюритизация может подпадать под более выгодный режим налогообложения.

Эффективность секьюритизации для инвесторов

При анализе эффективности секьюритизации для инвесторов, то есть эффективности использования ими ценных бумаг, выпускаемых страховщиками при осуществлении инвестиционной деятельности, используем подход Г. Марковитца.

Данный подход к проблеме выбора портфеля предполагает, что инвестор старается решить две проблемы: максимизировать ожидаемую доходность при заданном уровне риска и минимизировать неопределенность (риск) при заданном уровне ожидаемой доходности. Ожидаемая доходность служит мерой потенциального вознаграждения, связанного с портфелем. Стандартное отклонение рассматривается как мера риска портфеля.

При добавлении в портфель ценных бумаг, основанных на страховых рисках (например, катастрофических облигаций), имеющих высокую ожидаемую доходность и, соответственно, большую дисперсию, но при этом – незначительную корреляцию с другими рискованными активами, в рамках теории Г. Марковитца доказывается, что доход имеет нулевую корреляцию с рыночным портфелем.

Таким образом, появление на рынке ценной бумаги с неотрицательным и относительно небольшим коэффициентом корреляции с рыночным портфелем приведет к тому, что на рынке наступит новое состояние равновесия доходности и риска, при котором все инвесторы смогут выиграть по сравнению с исходным состоянием.

Для того чтобы условия инвестирования улучшились, достаточно, чтобы ковариация между доходом от новой ценной бумаги и доходом от существующего эффективного портфеля была относительно мала по абсолютному значению или отрицательна. Например, долгосрочные облигации с купоном, зависящим от индекса смертности, улучшат условия инвестирования, несмотря на то, что риск и доход у них ниже, чем на рын-

ке акций.

Таким образом, использование ценных бумаг, в основе которых лежат страховые риски, ведет к росту эффективности портфеля. Их появление позволяет инвесторам конструировать нужные им портфели с меньшими затратами. Более эффективное распределение капитала по рискам приведет к тому, что на рынке сложится новое состояние равновесия, при котором все инвесторы окажутся в выигрыше.

2. Модель управления инвестиционным портфелем страховщика.

В модели предлагается постановка многокритериальной задачи управления, где критериями являются максимизация доходности и минимизация риска при обеспечении необходимых уровней ликвидности, возвратности, доходности, диверсифицируемости, а также соблюдения структурных соотношений активов, принимаемых в покрытие страховых резервов (в соответствии с требованиями государственного регулятора).

В рамках построенной модели ограничимся рассмотрением портфеля, состоящего из 5 следующих активов (как показал анализ инвестиционных портфелей страховщиков УрФО, именно эти активы являются наиболее популярными при покрытии страховых резервов, в общем случае портфеля состоящего из n -активов, задача решается аналогичным образом):

1) депозиты в банках, в том числе удостоверенные депозитными сертификатами; удельный вес в портфеле $U1$, ожидаемая доходность P_p^1 ;

2) государственные ценные бумаги; удельный вес в портфеле $U2$, ожидаемая доходность P_p^2 ;

3) векселя организаций; удельный вес в портфеле $U3$, ожидаемая доходность P_p^3 ;

4) корпоративные ценные бумаги - акции; удельный вес в портфеле $U4$, ожидаемая доходность P_p^4 ;

5) корпоративные облигации; удельный вес в портфеле $(1 - U1 - U2 - U3 - U4)$, ожидаемая доходность P_p^5 .

Таблица 1

Показатели инвестиционной деятельности
страховых организаций УрФО по группе «средние» страхов-

щики (в тыс. руб.)

| НАИМЕНОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
|---------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Страховые резервы | 18959 | 22042 | 27166 | 44169 | 47824 |
| Активы, принимаемые в покрытие страховых резервов | | | | | |
| Акции | 1841 | 1981 | 3380 | 3178 | 3081 |
| Госбумаги | 1895 | - | 1997 | 1500 | 1500 |
| Банковские депозиты | - | - | 2600 | 100 | 600 |
| Векселя | 3956 | 11000 | - | 8094 | 13989 |
| Вклады в УК ООО | - | - | - | 600 | 600 |
| Недвижимое имущество | 1895 | 2204 | 1567 | 4678 | 5025 |
| Доля перестраховщиков в СР | 7963 | 6314 | 4452 | 17488 | 13495 |
| Дебиторская задолженность перестраховщиков, перестрахователей | 39 | 361 | 406 | 4416 | 123 |
| Дебиторская задолженность страхователей | 6456 | 9466 | 2456 | 1456 | 1345 |
| Денежные средства | 1370 | 1825 | 2764 | 4115 | 9521 |

Инвестиции страховой организации в рамках модели характеризуется следующим набором показателей:

CP - величина страховых резервов, определяющая стоимость портфеля, состоящего из n активов (в том случае, если инвестируются только средства страховых резервов); в общем случае стоимость портфеля $P = CP + CC$, так как инвестироваться могут еще и собственные средства (CC);

A_i - стоимость i -ого актива, принимаемого в покрытие страховых резервов.

U_i - удельный вес i -ого актива в стоимости портфеля,

$$U_i = \frac{A_i}{P};$$

P_p^i - ожидаемая доходность i -го актива;

r_i - ожидаемый риск i -го актива, выражающийся стандартным отклонением.

По сути, показатель риска представляет собой отклонение фактической доходности актива от ожидаемой, причем учитываются отклонения как в меньшую, так и в большую сторону,

но когда мы говорим о минимизации риска, то имеем в виду, конечно, вероятность возникновения отрицательного финансового результата, т.е., когда фактическая доходность актива, принятого в покрытие страховых резервов, оказалась ниже ожидаемой.

Тогда доходность портфеля будет определяться как средневзвешенная сумма доходностей входящих в портфель активов:

$$E(r) = \sum_{i=1}^n U_i \cdot P_p^i \quad (1)$$

Ожидаемый риск портфеля будет представлять собой:

$$R = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n U_i \cdot U_j \cdot Cov_{ij} \quad (2)$$

где: $Cov_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n (p_{i_k} - \bar{p}_i)(p_{j_k} - \bar{p}_j)}{n - 1}$ - ковариация i -ого и

j -ого активов; p_{i_k}, p_{j_k} - доходности активов i и j в k -ом случае; №- число случаев регистрации доходностей активов.

Требования, накладываемые на максимальный объем активов структурными соотношениями активов, принимаемых в покрытие страховых резервов (в соответствии с приказом Минфина РФ №100н), запишем в виде ограничений:

$$U_i \cdot CP \leq c_i \quad (3)$$

Функцию доходности обозначим $F1(u_1, u_2, u_3, u_4)$, функцию риска удобнее использовать с противоположным знаком:

$$F2(u_1, u_2, u_3, u_4) = -R(u_1, u_2, u_3, u_4)$$

Таким образом, приходим к следующей комбинированной задаче:

$$\begin{cases} F_1(u_1, u_2, u_3, u_4) \rightarrow \max \\ F_2(u_1, u_2, u_3, u_4) \rightarrow \max \\ (u_1, u_2, u_3, u_4) \in M \end{cases} \quad (4)$$

В работе также предложен алгоритм решения статической и динамической многокритериальных задач и методика его применения в практической деятельности страховых компаний при формировании инвестиционного портфеля.

Автором проведен детальный анализ динамики портфельных инвестиций страховых компании Уральского федерального округа за период с 1 января 2003 г. по 1 января 2010 г., а также основных принципов инвестиционной политики. Результаты исследовательской работы в этом направлении после применения предложенных выше моделей управления инвестиционным портфелем в ряде компаний выразились в существенном повышении эффективности инвестиционной деятельности, качества системы риск-менеджмента и уровня финансовой устойчивости страховой организации в целом.



Рис.3. Риски, возникающие в страховом бизнесе⁶

3. *Методология комплексной (интегральной) оценки инвестиционных рисков, возникающих в страховом бизнесе*

Наибольшего эффекта в управлении инвестиционными рисками можно достичь, используя *комплексный подход к их оценке и анализу*, т.е. рассматривая различные группы рисков, возникающих в деятельности страховой организации, не абстрагировано друг от друга, а в совокупности, учитывая их взаимное влияние и динамику изменений.

Вообще риски, возникающие в таких финансовых институтах, как страховые компании, учитывая их двустороннюю подверженность различным рискам, можно классифицировать, как это представлено на рис.2.

Таким образом, все многообразие рисков, возникающих в деятельности страховых организаций, можно подразделить на две группы: страховые риски (принимаемые по договорам страхования и связанные с их обслуживанием) и финансовые риски (прямым образом не связанные со страховой деятельностью, но обычно сопровождающие процессы, являющиеся следствием проведения страховых операций).

Тогда совокупный размер риска, принимаемого по договорам страхования, будет вычисляться как сумма всех относительных рисков, связанных с обслуживанием договоров страхования, а также рисков внешней рыночной среды (риски внутренней рыночной среды не оказывают значительного влияния на деятельность страховой организации, поэтому ими в рамках предлагаемой методики оценки риска имеет смысл пренебречь), взвешенных с учетом влияния на оцениваемый абсолютный риск.

То есть, если обозначить:

R_1 - абсолютный риск, принимаемый по договорам страхования;

R_2 - абсолютный риск, связанный с обслуживанием договоров;

R_3 - абсолютный риск внешней рыночной среды;

r_1 - относительный риск, принимаемый по договорам стра-

⁶ Слепухина Ю.Э. Финансовые механизмы управления рисками в страховом бизнесе // Управление в страховой компании. 2009. № 1.

хования;

r_2 - относительный риск, связанный с обслуживанием договоров, причем $r_2 = a_1 \times r_{21} + a_2 \times r_{22} + a_3 \times r_{23}$, где r_{21} - риск андеррайтинга; r_{22} - риск неэффективного перестрахования; r_{23} - риск формирования страховых резервов;

r_3 - относительный риск внешней рыночной среды, причем $r_3 = b_1 \times r_{31} + b_2 \times r_{32} + b_3 \times r_{33}$, где r_{31} - риск ликвидности; r_{32} - процентный риск; r_{33} - валютный риск,

то получим следующие формулы для вычисления абсолютных рисков

$$R_1 = c_{11} \times r_1 + c_{12} \times r_2 + c_{13} \times r_3$$

$$R_2 = c_{21} \times r_1 + c_{22} \times r_2 + c_{23} \times r_3$$

$$R_3 = c_{31} \times r_1 + c_{32} \times r_2 + c_{33} \times r_3$$

Весовые коэффициенты a_i , b_i , c_{ij} ($i, j = 1, 2, 3$) определяются степенью влияния конкретных относительных рисков на вычисляемый абсолютный или относительный риски, т.е. например, c_{12} - это численное выражение влияния относительного риска r_2 , связанного с обслуживанием договоров страхования, на величину абсолютного риска R_1 , принимаемого по договорам страхования; a_1 - численное выражение влияния относительного риска андеррайтинга на общее значение относительного риска, связанного с обслуживанием договоров страхования.

В работе обосновано присвоение каждому весовому коэффициенту того или иного численного выражения и построены матрица C и вектора A и B весовых коэффициентов, а также для оценки значений относительных рисков r_{ij} проведен анализ конкретных показателей деятельности страховой организации, определенному диапазону значений которых поставлены в соответствие значения относительных рисков. В таблице 2 представлена оценка относительного риска андеррайтинга; значения других относительных рисков (формирования страховых резервов, процентного, валютного и других, не связанных со страховой деятельностью) определяются по аналогичной схеме.

Результаты применения предложенной методики комплексной оценки рисков в страховых компаниях УрФО позволяют сделать вывод, что она дает возможность выбрать приоритетные направления при решении проблемы управления

рисками, т.е. те направления минимизации рисков, которые должны быть реализованы в первую очередь. Такой последовательный подход в решении проблемы управления рисками является, по нашему мнению, наиболее качественным и эффективным, поскольку, с одной стороны, акцент при выборе управления делается на риск с наибольшим абсолютным значением, а с другой, появляется возможность оптимизировать всю систему рисков. Это позволит страховщикам корректировать стратегии управления рисками таким образом, чтобы достигнуть

наилучшего

Таблица 2

Оценка относительного риска андеррайтинга

| Показатель | Значения относительного риска андеррайтинга | | | |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | 0,7 зона критического риска | 0,4 зона повышенного риска | 0,1 зона удовлетворительного риска | 0,01 зона минимального риска |
| Оценка объекта страхования | Оценка произведена формально, особенности проигнорированы | Оценка произведена некачественно, особенности практически не выявлены | Особенности учтены частично | Учтены все особенности объекта, что нашло отражение в повышающих и понижающих коэффициентах |
| Установление и оценка страховых рисков | Не произведена должным образом, без оценки вероятности реализации рисков | Установлены не все риски, занижена вероятность реализации рисков | Риски определены, но по отдельным их видам занижена вероятность реализации | Определены все возможные риски, оценка вероятности их реализации произведена достаточно корректно |
| Оценка рисков обстоятельств | Оценка не произведена | Выявленные обстоятельства не оказывают влияния на вероятность наступления событий | Выявлены не все рискованные обстоятельства | Определены все рискованные обстоятельства, влияющие на вероятность наступления |

| | | | | |
|---------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| | | | | событий |
| Расчет страховых тарифов | Тариф рассчитан некорректно, в сторону занижения | Тариф рассчитан некорректно, не применены коэффициенты | Расчет в соответствии с Правилами, но учтены не все рискованные обстоятельства | Расчет в соответствии с Правилами, Методикой ФССН, с применением коэффициентов |

финансового результата в смысле наиболее оптимального сочетания показателей риска и доходности, в частности, и повышения уровня финансовой устойчивости, в целом, что, безусловно, крайне важно в любом бизнесе, и в особенности, в страховом.

Список использованной литературы:

1. Слепухина Ю.Э. Финансовая устойчивость страховых организаций: теория, модели и методы управления рисками. Екатеринбург: Изд-во Уральского государственного экономического университета, 2006. - 12,9 п.л.
2. Слепухина Ю.Э. Инвестиционный портфель страховой организации: финансовый механизм формирования и управления. Екатеринбург: Изд-во АМБ, 2010. - 11,5 п.л.
3. Слепухина Ю.Э. Секьюритизация активов страховой компании // Управление в страховой компании. Москва, № 2, 2009
4. Слепухина Ю.Э. Управление финансовыми рисками страховой организации: инновационные методы оценки и анализа // Страховое дело, 2011, № 2
5. Слепухина Ю.Э. Реальный опцион как инструмент управления инвестиционными рисками страховщика // Ученые записки Российской Академии предпринимательства. 2011. Выпуск XXVI.
6. Amram M., Kulatilaka N. Real Options: Managing Strategic Investment in an Uncertain World. Harvard Business School Press: Boston, MA. 2008.
7. Bierman H., Jr., Smidt S. The Capital Budgeting Decision: Economic Analysis of Investment Projects. Prentice Hall: Upper Saddle River, NJ. 2009.
8. Environmental Risk Management and Insurance at Chevron Cor-

poration. – HBS case N9-799-062, April 2009.

9. Brennan M. J., Trigeorgis L. (eds) Project Flexibility, Agency, and Competition: New Developments and Applications of Real Options. Oxford University Press: N. Y. 2000.

10. Dixit A. K., Pindyck R. S. The options approach to capital investment. Harvard Business Review 73 (3): 105-115. 1995.

11. Merkhofer M. Decision Science and Social Risk Management: A Comparative Evaluation of cost-benefit analysis, decision analysis, and other formal decision-aiding approaches. Dordrecht: Reidel, 1987 – p.2

МОДЕЛИ ИНТЕГРАЦИИ КУРОРТНО-РЕКРЕАЦИОННЫХ СИСТЕМ

П. В. Захарченко

г. Бердянск, Бердянский государственный педагогический университет

М. Ю. Кусый

г. Симферополь, Таврический национальный университет им. В. И. Вернадского

Курортно-рекреационная сфера, как и другие отрасли национальной экономики в значительной степени подвержена воздействию внешних факторов. Высокий уровень глобализации экономики, явившийся следствием скачкообразного повышения конкуренции на рынках туристических и курортно-рекреационных продуктов, дефицит финансовых, сырьевых и других ресурсов обуславливают необходимость участия курортно-рекреационных систем в интеграционных процессах, которые представляют собой совместное использование потенциала в целях наиболее эффективного применения ресурсов, увеличения прибыли, а также достижения долгосрочных стратегических целей. Рассматривая с этих позиций состояние курортно-рекреационной сферы Украины, следует отметить, что, несмотря на наличие больших рекреационных и бальнеологических ресурсов для лечения и отдыха населения, имеющийся ресурсный потенциал используется недостаточно, а состояние и результативность развития курортно-рекреационного ком-

плекса не соответствует требованиям современного общества (табл. 1).

Сложившаяся ситуация объясняется неконкурентоспособностью большинства украинских курортно-рекреационных комплексов и организаций туристической сферы, которая все в большей степени проявляется на фоне процессов глобализации.

Таблица 1

Вклад в ВВП туристической отрасли за 2006 – 2016 г.

| Страны | ВВП, 2006 г., % | ВВП, 2010 г., % | ВВП, 2016 г., % |
|---------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Мировой рынок | 3.6 | 3.63 | 3.7 |
| ЕС | 3.9 | 3.98 | 4.1 |
| Россия | 1.5 | 1.61 | 1.7 |
| Украина | 0.98 | 1.04 | 1.1 |

Конкурентоспособность и эффективность функционирования украинских курортно-рекреационных комплексов не может быть обеспечена без учета сложившихся в мире тенденций интеграции предприятий курортной индустрии. Стратегия их развития должна ориентироваться как на максимальное использование имеющегося туристско-рекреационного потенциала, так и на дополнительные возможности роста эффективности, открывающиеся в условиях интеграции [1].

В контексте проведенного исследования определим понятие «интеграция» как процесс формирования качественно новой экономической целостности путем соединения и комбинирования в рамках расширенной формы организации хозяйственного пространства элементов объектной структуры и типов экономических субъектов, ранее развивавшихся обособленно и относящихся к различным формам собственности, способам и сферам хозяйствования, причем указанные соединение и комбинирование происходят в рамках утверждения инновационного типа воспроизводства и обеспечивают интенсификацию экономических процессов.

Исследованиями установлено, что интеграционные процессы происходят циклически, причем на каждой фазе цикла экономические мотивы и формы интеграции различны [2, 3]. В процессе циклического движения повышается эффективность конкретных организационно-экономических форм интеграции,

что, в частности, определяется ресурсно-финансовым обеспечением и инновациями. Выделяются два вида циклов: цикл количественно-качественных преобразований и цикл качественных преобразований. На первом этапе эволюции интеграционного образования большое значение имеет переход количественных изменений в качественные. Развитие интегративного процесса как процесса системного преобразования ассоциируется именно с этим переходом, но в сущностном отношении связано со сменой одних качественных состояний другими. Влияние внешней среды и внутренних факторов приводит к тому, что интегрированная структура начинает испытывать на себе действие флуктуаций, угрожающих общему равновесию системы, а также полифуркаций, способных привести к разрушению и распаду системы в результате нарушения общего равновесия.

Такие сценарии позволяют рассматривать интеграцию курортно-рекреационных систем в аспекте динамики как возникновение синергетических курортно-рекреационных организаций, необходимыми условиями существования которых выступают процессы организационного взаимодействия, в рамках которых реализуются различные формы интеграции, кооперации и эволюции [4]. Обычно в таких организациях происходит компенсация недостатков и усиление достоинств кооперирующихся организаций. Здесь синергетические механизмы кооперативного взаимодействия приводят к синхронизации процессов у различных партнеров и формированию у них когерентного поведения. В результате возникают резонансные эффекты, когда прибыль и конкурентоспособность партнеров многократно возрастают.

Любая интеграция курортно-рекреационных организаций в широком смысле - это ассоциация. Существует множество различных видов ассоциаций. Наиболее популярны из них разновидности стратегических альянсов. Заключение альянсов - это один из наиболее быстрых и доступных путей реализации глобальной стратегии и представляет собой «мягкую» организационную форму интеграции рекреационных систем, которая позволяет вести совместную деятельность при сохранении юридической и хозяйственной самостоятельности. Этот факт приобретает особую значимость в современных условиях, поскольку позво-

ляет не снижать темпов развития систем и не уменьшать гибкость реакции на изменения внешней среды [5].

Исследуем проблему о целесообразности формирования стратегических альянсов с целью усовершенствования функционирования курортно-рекреационной системы с определенными видами курортно-рекреационных продуктов на различных этапах деятельности. Чтобы определить, каким образом должно приниматься решение о вступлении в альянс, разработаем последовательность этапов производственного цикла деятельности рекреационной системы. Каждый этап охарактеризуем набором показателей, влияющих на эффективность функционирования всей курортно-рекреационной системы.

Маркетинговые исследования. При прохождении этого этапа функционирования курортно-рекреационной системы определяются следующие показатели: структура спроса, доля рынка, прогноз спроса и потенциал рекреационной системы.

Структура спроса может быть определена как

$$S_T = S_s + S_n,$$

где S_T - совокупность видов курортно-рекреационных продуктов, в которых выявлена потребность в процессе исследований маркетинга; S_s и S_n - совокупность существующих и новых видов рекреационных продуктов соответственно.

Если интересующий вид курортно-рекреационного продукта i уже производится рекреационной системой ($i \in S_s$), то производство данного продукта включается в план, в противном случае ($i \in S_n$) принимается решение о его создании.

Долю рынка курортно-рекреационной системы определим следующим образом

$$D_{ij} = \frac{V_{ij}}{\sum_{j=1}^m V_{ij}} 100,$$

где $j = \overline{1, m}$ - общее количество курортно-рекреационных систем, предлагающих на рынке i вид рекреационного продукта; V_{ij} - объем предложения курортно-рекреационной системы по i виду рекреационного продукта.

Важнейший результат исследований рынка - построение функции прогноза. Прогноз спроса предлагается рассматривать

как функцию нескольких переменных

$$F_{si} = f(C_i, \Omega, K_i, D_{ij}, \Delta_i, P_{vs}),$$

где C_i - цена i вида курортно-рекреационного продукта; Ω - платежеспособность целевой группы потребителей; K_i - качество i вида рекреaproдукта; D_{ij} - доля рынка курортно-рекреационной системы по i виду рекреaproдукта; Δ_i - сезонность спроса на i вид курортно-рекреационного продукта; P_{vs} - прогноз изменения внешней среды. В случае неизменности данных показателей функция прогноза спроса строится с помощью статистических методов.

Для построения модели также важно определить потенциал курортно-рекреационной системы, т. к. даже при самом оптимистическом прогнозе спроса система не может развернуть производство выше уровня собственного потенциала. Потенциал рекреасистемы можно рассматривать как функцию

$$Z_i = f(G_j^p, G_j^e, G_j^n, G_j^t, G_j^y),$$

где G_j^p - производственная мощность курортно-рекреационной системы; G_j^e - экономические (финансовые) возможности рекреасистемы; G_j^t - трудовые ресурсы курортно-рекреационной системы; G_j^n - научно-технический потенциал рекреасистемы; G_j^y - потенциал стратегического и оперативного управления.

Разработка стратегического плана. Стратегическое планирование опирается на результаты проведенных маркетинговых исследований. В процессе такого планирования курортно-рекреационная система устанавливает свою цель и задачи функционирования, и на основе поставленной цели выбирает стратегию достижения этой цели. Далее необходима разработка планов действий, в частности, создание маркетингового плана. Такой план в значительной степени опирается на результаты исследований рынка и должен согласовывать цели маркетинга и предоставляемый бюджет Φ_m с помощью разработки комплекса маркетинга.

Величину бюджета маркетинга определим как функцию вида

$$\Phi_M = f(Y_p, F_{si}, R_i),$$

где Y_p - целевая прибыль; F_{si} - прогноз спроса; R_i - производственная себестоимость курортно-рекреационного продукта.

Усилия маркетинга курортно-рекреационной системы имеют значительное влияние на потенциальный спрос потребителей на ее продукцию. Предлагается использовать следующую графическую зависимость спроса от бюджета маркетинга (рис. 1). На рис. 1 представлена зависимость между интенсивностью маркетинга M и спросом S . Функция спроса будет принимать значения в интервале между минимальным гарантированным спросом и емкостью рынка E .

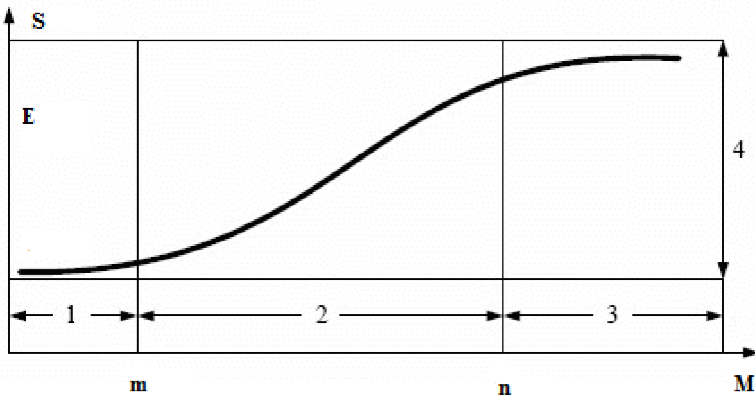


Рис. 1. Зависимость спроса от интенсивности маркетинга.

До точки минимальной необходимости интенсивности спроса t будет проходить область нечувствительности спроса, когда мероприятия маркетинга не окажут заметного влияния на уровень спроса, в следующей зоне (2) до точки предельной эффективности маркетинга n проходит область эффективного маркетинга. Если возможная эффективность маркетинга велика (рынок для курортно-рекреационной системы емкий), имеет смысл разработка специальной программы маркетинга для его освоения. Зона 3 - область насыщения, в которой происходит снижение эффективности маркетинга. На основе данной зависимости можно исследовать сценарии изменения

функции прогноза спроса посредством введения мероприятий маркетинга разной интенсивности.

Если для обеспечения рентабельной работы курортно-рекреационной системы необходимо увеличить значение функции спроса в каждой точке на некоторую величину ΔS , то исходя из графика на рис. 2 необходимо выбрать нужную точку в зоне 2 и проводить мероприятия маркетинга, связанные с постоянными затратами на протяжении всего прогнозируемого периода (рис. 2). В случае циклического поведения спроса, варьируя величиной бюджета маркетинга, курортно-рекреационная система может сгладить кривую спроса и добиться почти постоянного уровня спроса.

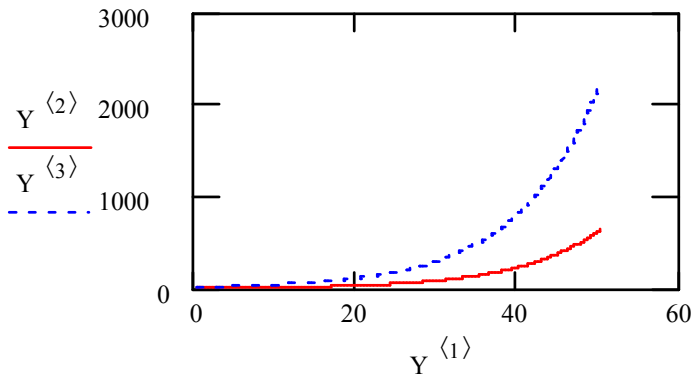
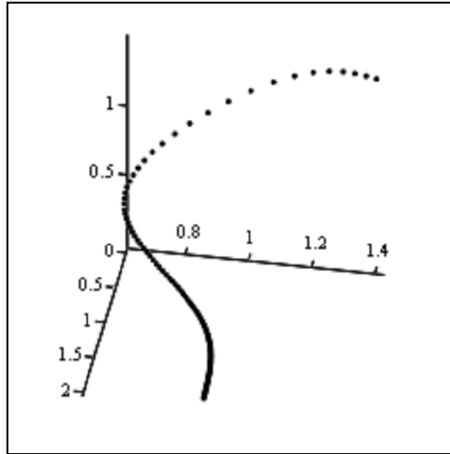


Рис. 2. Перемещение кривой прогноза при увеличении затрат на маркетинг.

Разработка плана реализации. Планирование реализации курортно-рекреационных продуктов осуществляется на основе данных, полученных при маркетинговых исследованиях. В результате обработки данных о рынке, потенциале курортно-рекреационной системы и маркетинговом плане получается функция прогнозной производственной программы для i вида курортно-рекреационного продукта - $N_i^P(t)$ (рис. 3), которая имеет вид

$$N_i^P = f(F_{si}, F_{pi}, \Phi_{Mi}).$$



$$(Y_1^{(1)}, Y_1^{(2)}, Y_1^{(3)})$$

Рис. 3. Функция прогнозной производственной программы.

Планирование производства курортно-рекреационных продуктов. Задачей курортно-рекреационной системы является разработка такой производственной программы, при которой общая сумма затрат на производство, содержание запасов и разработку рекрепродуктов минимизируется при условии полного и своевременного удовлетворения спроса, т. е. целевая функция прибыли стремится к максимуму.

Целевая функция прибыли выражается как

$$Y_p = \sum_{i=1}^n (Y_i - R_i) W_i \rightarrow \max ,$$

$$\sum_{i=1}^n L_{ij} W_i \leq U_j , W_i^{\min} \leq W_i \leq W_i^{\max} ,$$

где L_{ij} - расход j вида ресурсов при изготовлении i вида курортно-рекреационного продукта; U_j - норма расхода j вида материальных, трудовых, производственных или рекреационных ресурсов; W_i - номинальный объем выпуска; W_i^{\min} - минимальный объем выпуска, который еще выгоден рекреационной системе; W_i^{\max} - максимальный объем выпуска курортно-рекреационных продуктов, которые можно будет реализовать.

Планирование и осуществление закупок. Процесс начинается с планирования потребности в ресурсах

$$U_j = \sum_{i=1}^n L_{ij} W_i .$$

Затем проводится выбор и оценка поставщиков. При выборе поставщиков предлагается использовать оценочный балл, полученный на основе показателей времени поставки, цены, качества и количества, поставляемых каждым поставщиком ресурсов

$$Q_p = f(t_{pj}, C_j, K_j, Q_j),$$

где Q_p - оценочный балл k поставщика j вида ресурсов; t_{pj} - время поставки j ресурса; C_j, K_j, Q_j - соответственно цена, качество и количество поставляемого j ресурса.

Производство и контроль. Производство и контроль можно отобразить зависимостью $F_p(t)$ (рис. 4).

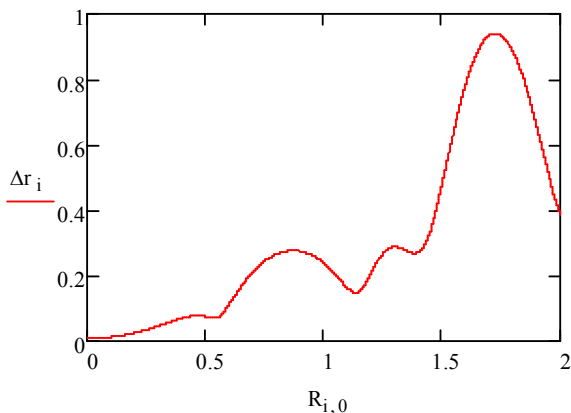


Рис. 4. План производства курортно-рекреационного продукта в динамике.

Вид альянса, выбираемый для каждого конкретного случая, должен соответствовать условиям функционирования курортно-рекреационной системы и зависеть от проблем, стоящих перед ней. На различных этапах производственно цикла функционирования рекреасистемы возникают характерные «узкие места», затрудняющие ее дальнейшую эффективную

деятельность. Рассмотрим эти проблемы и пути их решения с помощью создания стратегических альянсов.

По результатам маркетинговых исследований система управления анализирует сценарий целесообразности расширения ассортимента производимых курортно-рекреационных продуктов. Если принимается решение ограничиться выпуском существующих рекрепродуктов, то система переходит на этап планирования реализации. При составлении функции прогнозной производственной программы с использованием функции прогноза спроса перед курортно-рекреационной системой встает проблема неопределенности спроса, при которой имеет место неоднородность данных о спросе в различные моменты времени, что затрудняет процесс определения тенденции изменения спроса. Математически наличие неопределенности спроса можно проверить с помощью коэффициента вариации

$$H = \frac{S}{\bar{X}},$$

где S - среднеквадратичное отклонение значений спроса; \bar{X} - среднеарифметическое значение спроса. Если $H > 33$, совокупность нельзя признать однородной [6, 7], следовательно, можно сделать вывод о наличии неопределенности спроса.

Неопределенность спроса возникает от непредсказуемости покупательского поведения. Образование стратегического альянса может дать доступ к ресурсам и средствам борьбы с такой неопределенностью. Например, поскольку курортно-рекреационные системы производят специализированные продукты, то количество потенциальных потребителей будет относительно небольшим, а контроль над реализацией продуктов - слабым. Прибегая к стратегии вертикальной интеграции, например, посредством заключения стратегического альянса с потенциальными потребителями курортно-рекреационных продуктов системы, она получает возможность повысить рентабельность своего производства и значительно снизить неопределенность спроса. Обеспечение возможности прогнозирования спроса достигается за счет появления устойчивости в хозяйственных взаимоотношениях и обеспечения гарантированного спроса.

Неопределенность спроса можно снизить также проведением горизонтальной интеграции (созданием стратегического

альянса с конкурентами). В результате применения данной стратегии сократится количество конкурентов в отрасли за счет установления контроля над одним из них. Вступление в стратегический альянс с конкурентом позволит также снизить конкурентную неопределенность, при которой действия одной из систем в данной отрасли имеет непосредственное и значительное влияние на рыночные позиции других систем в этой отрасли.

На этапе планирования производства перед курортно-рекреационными системами встает вопрос о наличии производственной неопределенности. Производственная неопределенность возникает при недостатке инновационных технологий, необходимых для более эффективной организации производства.

Производственная неопределенность - проблема неэффективного использования ресурсов, ведущая к их недоиспользованию или перерасходу

$$U_j < \sum_{i=1}^n L_{ij} W_i < U_j .$$

В случаях, когда конкуренты обладают более совершенными рекреационными технологиями производства интересующего вида рекреaproдукта, целесообразно использовать потенциал таких систем для снижения производственной неопределенности. Создание такого стратегического альянса позволит курортно-рекреационной системе получить необходимую инновационную базу для снижения издержек производства и увеличения прибыли.

На этапе планирования и осуществления закупок возникает проблема доступа к ресурсам, например, когда допустимое время поставки подходящего по всем другим критериям поставщика больше допустимого $t_{pj} > t_{dop}$. Проблема доступа может возникать и при наличии слишком высокой цены поставок в сравнении с другими поставщиками, но при соответствии всех остальных показателей поставщика запросам данной рекреационной системы $C_j > C_{dop}$. При наличии препятствия такого рода курортно-рекреационной системе выгодно вертикально интегрироваться назад (создать стратегический альянс с поставщиком) и гарантировать приемлемый уровень поставок.

Выбор партнера по стратегическому альянсу является сложным и ответственным шагом для обеспечения эффективной работы. Совокупность описанных выше факторов обеспечения успешного функционирования создаваемого объединения можно свести к проблеме совместимости участников соглашения. Основным фактором общей совместимости систем-партнеров является совместимость ресурсов, вкладываемых ими в стратегический альянс.

В обобщенном виде потенциал любой интегрированной системы можно определить как совокупность вложенных ресурсов

$$G_{\text{int}} = G_1 + G_2 = \sum_{j_1=1}^{J_1} W_{j_1} + \sum_{j_2=J_1+1}^{J_2} W_{j_2},$$

где G_{int} - потенциал интегрированной курортно-рекреационной системы; G_1 и G_2 - совокупность ресурсов, привнесенных одной и другой рекреационными системами в альянс соответственно; W_j - количество каждого j вида ресурсов (в денежном выражении); $j_1 = \overline{1, J_1}$, $j_2 = \overline{J_1+1, J_2}$ - общее количество видов ресурсов, привнесенных курортно-рекреационными системами соответственно.

Приведенное выражение позволяет оценить общую стоимость ресурсов, вложенных участниками интеграционного процесса, но не позволяет судить о возможности их эффективного использования. Поскольку рентабельная работа интегрированной системы возможна лишь при эффективном совмещении ресурсов, вносимых системами-партнерами, необходимо определить условие совместимости ресурсов, предоставляемых каждой из систем.

Обозначим совокупность ресурсов R_1^* и R_2^* рекреационных систем, участвующих в процессе интеграции, как $R_1^* = \{R_1, R_2, \dots, R_{k+1}, \dots, R_k\}$, $R_2^* = \{R_1, R_2, \dots, R_{n+1}, \dots, R_N\}$

Поскольку обе системы вкладывают в интеграционное образование не все, а только часть ресурсов, то множество вносимых ресурсов можно выразить как $R_1 = \{R_1, R_2, \dots, R_k\}$ и $R_2 = \{R_1, R_2, \dots, R_n\}$. Введем в рассмотрение также множество ресурсов интегрированного образования $R_{\text{int}} = \{R_1, R_2, \dots, R_s\}$.

Множество R_{int} состоит из таких ресурсов, которые не только полезны для совместного использования некоторого курортно-рекреационного продукта, но и являются взаимоприемлемыми, что определяет совместимость систем в интеграционном образовании. Следует отметить, что совокупность таких ресурсов может меняться в зависимости от условий внешней и внутренней среды. Таким образом, существование интеграционного курортно-рекреационного образования имеет смысл, если выполняются следующие условия

$$R_1 \subseteq R_{\text{int}}, R_2 \subseteq R_{\text{int}}.$$

Если эти два условия не выполняются, то дальнейшее совместное использование i курортно-рекреационного продукта не имеет смысла, что приводит к разрушению интеграционного образования.

Построим и исследуем экономико-математическую модель, которая позволяет определить режим работы альянса и выбрать стратегию перехода на него при условии снижения прогноза спроса. С этой целью рассмотрим стратегический альянс между двумя конкурентами α и β , сотрудничающими по производству и использованию i курортно-рекреационного продукта.

Интеграционная система имеет следующие характеристики: N_i - производственная программа по i курортно-рекреационному продукту является постоянной величиной в каждую единицу рассматриваемого периода времени; объемы производства продукции равны объемам ее реализации. Введем T_2 - интервал прогнозирования, T_1 - предыдущий интервал времени, допустимое время T_p на изменение режима функционирования интеграционного образования, позволяющее адекватно реагировать на изменение внешней среды без потери конкурентоспособности, T_{is} - период инертности спроса. Время перехода на новый режим функционирования T_p должно быть меньше T_2 , т. е. $T_p < T_2$, $T_p \rightarrow \min$. Требуется определить режим работы альянса, и выбрать стратегию перехода на него при условии снижения прогноза спроса, т. е. возможного объема реализации i курортно-рекреационного продукта в каждый

момент времени в прогнозируемом периоде времени по сравнению с фактическим спросом

$$F_{sT_2} = F_{sT_1} - \Omega F_s.$$

Введем следующие ограничения:

- в интегративном образовании производится только продукты рекреационного характера;
- функционирование такого объединения должна быть безубыточным;
- система начинает реагировать на изменение спроса с момента поступления сигнала о таком изменении;
- изменение структуры спроса происходит однажды за рассматриваемый период;
- спрос растет с увеличением затрат на маркетинг.

Построение модели начнем с определения стратегической цели функционирования интегративного образования. Предположим, что его целью является максимизация прибыли в системе, т. е.

$$P = P_\alpha + P_\beta = (\mu_\alpha P + \mu_\beta P) \rightarrow \max,$$

где P - общая прогнозируемая прибыль от интеграции; P_α и P_β - доли прибылей, распределяемые между рекреасистемами соответственно их вкладам в интегративное образование; μ_α и μ_β - весовые коэффициенты, отражающие процент потенциальной прибыли, полагающийся каждому из участников интегративного процесса.

В соответствии с заданной целью интегрированная система разрабатывает стратегию деятельности и формирует ресурсную базу для ее осуществления. Пусть поступают данные о снижении спроса на величину ΔF_s . В случае удовлетворения условия совместимости и уместности ресурсов на основе составленного прогноза спроса для периода T_2 можно определить ожидаемую прибыль - P_{T_2} . Полученная величина должна быть не меньше некоторой минимальной прибыли, установленной рекреасистемой в качестве граничной величины $P_{T_2} \geq P_{dop}$, $P_{dop} \in [0, \infty]$.

В том случае, когда $P_{T_2} < P_{dop}$, эффективность функциони-

рования интеграционного образования падает. Возникает необходимость пересмотра распределения ресурсов с целью повышения уровня спроса на курортно-рекреационные продукты посредством корректировки плана маркетинга.

Реализация первого сценария предполагает разработку стратегии перехода на новый режим функционирования. Осуществление такой стратегии связано с дополнительными затратами и корректировкой плана и бюджета маркетинга с целью определения размера дополнительных вложений в средства стимулирования сбыта. В этот период времени система несет естественные потери - потери перехода C_p ввиду снижения спроса и необходимости вложений для адаптации к новым условиям внешней среды

$$C_p = \Delta F_s (\Theta_i - C_i) + C_M + C_D,$$

где Θ_i - доход от реализации i курортно-рекреационного продукта; C_i - себестоимость i курортно-рекреационного продукта; C_M - затраты на мероприятия маркетинга, направленные на повышение спроса; C_D - другие виды затрат, связанные с переходом на новый режим функционирования.

В период T_1 бюджет маркетинга B_{MT_1} можно рассматривать следующим образом

$$B_{MT_1} = \sum_{t=t_0}^{t_1} C_{Mt},$$

где C_{Mt} - затраты на проведение маркетинговых мероприятий в каждый момент времени t ; t_0 и t_1 - начало и окончание периода T_1 соответственно.

Тогда величина бюджета маркетинга для периода T_2 будет равна

$$B_{MT_2} = \sum_{t=t_0}^{t_1} C_{Mt} + \Delta C_M,$$

При разработке плана реализации происходит формирование новой прогнозной производственной программы для периода T_2 . Поскольку все параметры функционирования интеграционного образования, кроме потенциального объема реализации, остались прежними, то функция прогнозной производс-

твенной программы может быть лишь скорректирована с учетом нового уровня спроса

$$N_{iT_2}^p = N_{iT_1}^p - \Delta F_s + \Delta F_{sT_2}^*,$$

$$\Delta F_{sT_2}^* = f(\Delta C_{Mi}),$$

где $N_{iT_1}^p$ и $N_{iT_2}^p$ - прогнозная производственная программа для периодов T_1 и T_2 соответственно; $\Delta F_{sT_2}^*$ - прирост уровня спроса, предполагаемый за счет затрат на мероприятия маркетинга.

При разработке плана производства на основе прогнозной производственной программы разрабатывается номинальная производственная программа с учетом стратегической цели и ресурсов, имеющихся в распоряжении интеграционного образования. Поскольку его цель определена как максимизация прибыли, то целевая функция будет выглядеть следующим образом

$$P_i = (\Theta_i - C_i)N_i \rightarrow \max,$$

$$\sum_{i=1}^n L_{ij}N_i \leq U_j, N_i^{\min} \leq N_i \leq N_i^{\max},$$

где Θ_i - доход от реализации i курортно-рекреационного продукта; C_i - себестоимость i курортно-рекреационного продукта; N_i - объем реализации i вида курортно-рекреационного продукта; L_{ij} - расход j вида ресурсов при изготовлении i вида курортно-рекреационного продукта; U_j - норма расхода j вида материальных, трудовых, производственных или рекреационных ресурсов; N_i - номинальный объем выпуска; N_i^{\min} - минимальный объем выпуска, который еще выгоден рекреационной системе; N_i^{\max} - максимальный объем выпуска курортно-рекреационных продуктов, которые можно будет реализовать.

В связи со снижением уровня спроса номинальный объем выпуска для периода T_2 будет снижен по сравнению с периодом T_1 . Поэтому необходимо проверить условие $N_i^{\min} \leq N_i^{\max}$. Если данное условие выполняется, то функционирование интеграционного курортно-рекреационного образования будет рентабельным или, по крайней мере, безубыточным, что позволяет перейти на нормальный режим функционирования.

Предложенная методология позволяет заблаговременно оценить возможные состояния курортно-рекреационной системы с точки зрения ее организационной структуры и возможных переходных стратегий. Конкретизация характерных признаков каждой организационной структуры и переходной стратегии дает возможность оценить предстоящие затраты и проблемы перехода на новый уровень, и, таким образом, снизить риск принятия неверной стратегии развития. При использовании такого подхода происходит увеличение эффективности функционирования рекреационной системы в общем случае за счет: улучшения ее конкурентной позиции на рынке, достижения синергии альянса, сбережения ресурсов, распределения рисков, снижения неопределенности внешней среды.

Список использованной литературы:

1. Захарова К. В. Интеграция туристических предприятий в Украине: основные проблемы и тенденции развития в условиях экономического кризиса [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.nbuiv.gov.ua/portal/Soc_Gum/Npchdu/Economy/2009_96/96-16.pdf.
2. Валлерстайн И. Анализ мировых систем и ситуация в современном мире / И. Валлерстайн ; пер. с англ. П. М. Кудюкина. – СПб. : Университетская книга, 2001. – 416 с.
3. Неймарк Ю. И. Стохастические и хаотические колебания / Ю. И. Неймарк, П. С. Ланда. – [2-е изд.]. – М. : ЛИБРОКОМ, 2009. – 424 с.
4. Колесников А. А. Теория и методы синергетического управления / А. А. Колесников // Синергетика и проблемы теории управления. – 2004. – С. 130-171.
5. Campbell A. Strategic synergy / A. Campbell, K. S. Luchs. – Washington : An International Thomson Publishing Company, 1998. – 520 p.
6. Просветов Г. И. Стратегические альянсы: задачи и решения / Г. И. Просветов. – М. : Альфа-Пресс, 2010. – 72 с.
7. Хиценко В. Е. Самоорганизация : элементы теории и социальные приложения / В. Е. Хиценко. – М. : КомКнига, 2005. – 335 с.

НЕЧІТКІ МЕТОДИ В МОДЕЛЮВАННІ КРЕДИТНОГО СКОРИНГУ

З.М. Соколовська, І.В. Маковей

м. Одеса, Одеський національний політехнічний університет

Кредитування фізичних осіб – перспективний напрямок діяльності світового та вітчизняного банківського сектору. Конкуренція на ринку кредитування фізичних осіб змусила кредитні організації вести агресивну кредитну політику, спрямовану на збільшення кредитного портфелю за рахунок залучення в короткі строки широкого кола позичальників. Ця задача була вирішена шляхом спрощення процедури кредитування. Залучаючи позичальників таким чином, кредитні організації прийняли на себе додаткові кредитні ризики, які призвели до зросту кількості кредитів, що не повертаються. Робота з великою кількістю клієнтів вимагає як зменшення витрат часу на їх обслуговування, так і індивідуального підходу, що реалізується із застосуванням скорингових систем.

Кредитний скоринг - швидка, точна і стійка процедура оцінки кредитного ризику, яка потребує наукового обґрунтування. Фактично скоринг є математичною або статистичною моделлю, яка співвідносить рівень кредитного ризику з параметрами, що характеризують позичальника – фізичну або юридичну особу.

Теоретичним та прикладним проблемам реалізації кредитного скорингу в останні роки присвячується значна увага [1], [3], [4], [6], [7]. Однак існує коло невирішених питань, пов'язаних з визначенням комплексу параметричних характеристик позичальника (різноманітних за своєю природою), методів їх оцінки; вибору моделей реалізації кредитного скорингу.

Прийняття банком остаточного рішення стосовно видачі кредиту позичальнику повинно базуватися на комплексі аналітичних підходів – від застосування традиційних методик оцінки кредитоспроможності позичальника – до формування інтегральної оцінки впливу різноманітних факторів (як кількісних, так і якісних) із використанням економіко-математичних методів та сучасних інформаційних технологій.

Тому створення моделей кредитного скорингу на математичній базі, достатній для отримання обґрунтованої інтегральної оцінки позичальника, є актуальною проблемою з теоретичної та суто прикладної точки зору. Однією з можливостей її вирішення є залучення апарату нечіткої математики та нейронних мереж.

Згідно з окресленою проблемою метою статті є аналіз процедури кредитування комерційними банками позичальників-фізичних осіб та розробка моделей реалізації кредитного скорингу на базі методів нечіткої математики та нейронних мереж.

Аналіз існуючих систем видачі кредиту доводить, що у більшості випадків рішення стосовно надання кредиту та розгляд умов кредитування здійснюються кредитним комітетом банку. Часто висновки ґрунтуються на суб'єктивній думці членів кредитного комітету про ризик кредитування окремих категорій фізичних осіб і не завжди відображають реальну картину. Згідно з цим залучаються аналітичні методи обробки даних, що реалізують скоринговий механізм оцінки кредитоспроможності позичальників.

Кредитний скоринг - це спосіб оцінки кредитоспроможності особи, заснований на численних статистичних методах. Полягає в присвоєнні балів по заповненню анкети, розробленої оцінювачами кредитних ризиків. У типовій скоринговій моделі використовується від 13 до 25 параметрів. Головне в побудові цієї моделі - правильно визначити значимі ознаки і їх ваги в загальній бальній оцінці. Для цього здійснюється аналіз усіх даних по позичальниках з використанням статистичних методів з метою виявлення тих даних, які є найбільш частими синонімами окремо «хороших» і «поганих» кредитних рахунків. Такий аналіз дозволяє виявити ступінь кореляції даних з якістю кредитного рахунку і їх вагомість в скорингової моделі. Результати, отримані після проведення статистичного аналізу, формують скорингову модель.

Наступний крок здійснюється фахівцями банку і полягає у визначенні граничного значення результату скорингової моделі або рівня відсікання, який і розділить усіх позичальників на «поганих» і «хороших». Такою точкою повинен стати рівень, при якому доходи від гарних позичальників є достатніми для покриття збитків по потенційно поганим. Саме таке значення і

буде точкою беззбитковості кредитних операцій організації.

Успіх скорингу обумовлюється неупередженістю оцінки; стандартизацією кредитних оцінок; контролем; збільшенням прибутковості; можливістю автоматизації.

Одним з методів розробки скорингових моделей для комерційних банків є експертні скорингові карти. Сутність скорингової карти полягає в тому, що кожен фактор, який характеризує позичальника, має свою кількісну оцінку. Підсумовуючи отримані бали, можна розрахувати оцінку кредитоспроможності фізичної особи. Кожен параметр має максимально допустиму межу, що вище для головних факторів та нижче для другорядних. Приклад типової скорингової карти комерційного банку, за якою здійснюється підрахунок кількості балів потенційного позичальника, наведено у таблиці 1.

Висновок про кредитоспроможність клієнта та рішення про кредиту визначається за допомогою таблиці 2.

Наведена традиційна методика скорингової оцінки потенційних позичальників має ряд недоліків, адже неможливо визначити комплексний показник скорингу з врахуванням факторів різної природи (кількісних і якісних) одночасно та неможливо гнучко урахувати динаміку розвитку скорингових процесів та вплив стохастичних факторів.

Таблиця 1

Скорингова карта комерційного банку

| | | | | |
|------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| Вік | до 25 5 | 25-40 10 | 40-50 15 | 50 і більше 10 |
| Власність | власник 20 | співвласник 15 | наймач 10 | інше 5 |
| Робота | керівник 15 | менеджер середньої ланки 10 | службовець 5 | інше 0 |
| Стаж | 1/безробітний 0 | 1-3 5 | 3-10 10 | 10 і більше 15 |
| Заробітна плата | до 1500 грн. 5 | 1500-2500 грн. 10 | 2500-5000 грн. 15 | > 5000 грн. 20 |
| Робота чоловіка/ жінки | немає / домогосподарка 0 | керівник 10 | менеджер середньої ланки 5 | службовець 10 |

| | | | | |
|----------------|---------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| Розмір кредиту | до 5000 грн. 20 | 5000-10000 грн. 15 | 10-20 тис. грн. 10 | > 20 тис. грн. 5 |
|----------------|---------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------|

Таблиця 2

Оцінка рівня кредитоспроможності клієнта

| Значення скорингової карти | Кредитоспроможність клієнта | Рішення по кредитуванню |
|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 75 і більше | висока | Схвалити, кредит без застави |
| 50-75 | середня | Схвалити, кредит під заставу |
| 40-50 | задовільна | Додатковий аналіз заявки |
| менше 40 | низька | Відмовити |

Для отримання більш достовірної оцінки кредитоспроможності позичальника-фізичної особи залучимо два нечітких метода, які за своєю алгоритмічною специфікою надають протилежні – оптимістичний та песимістичний результати [2], [5], [8]:

- метод адитивної згортки, який реалізує оптимістичний підхід та враховує рівноправно і низькі, і високі критеріальні оцінки суб'єктів;

- метод максимінної згортки – одні з реалізацій песимістичного підходу, що ігнорує позитиви досліджуваних суб'єктів.

Ні в одному з наведених методів не має жорстких обмежень на число залучених факторів (показників); число досліджуваних альтернатив, а також критеріїв оцінки.

Розглянемо методику застосування зазначених методів на прикладі діагностики п'яти потенційних клієнтів як кредитоспроможних позичальників гіпотетичного комерційного банку.

Вхідна інформація нечітка. Експертні переваги представлені за допомогою нечітких чисел. Використовуємо функції приналежності трикутного виду для представлення нечітких оцінок альтернатив і коефіцієнтів відносної важливості критеріїв. Як альтернативи виступають конкретні фізичні особи – позичальники, серед яких банку за результатами попередньої діагностики необхідно відібрати найбільш прийнятні.

Припустимо, що у моделі визначено 5 можливих клієнтів, що прагнуть отримати кредит у комерційному банку: клієнт a_1 , клієнт a_2 , клієнт a_3 , клієнт a_4 , клієнт a_5 .

Нехай для оцінки альтернатив використовуються такі якісні та кількісні критерії: C_1 – рівень заробітної плати; C_2 – строк роботи на останньому місці роботи; C_3 – сімейний стан; C_4 – наявність рухомого майна; C_5 – наявність нерухомого майна; C_6 – вік клієнта; C_7 – розмір кредиту, що потребується; C_8 – строк кредиту; C_9 – наявність кредитів у інших банках; C_{10} – наявність позитивної кредитної історії.

Для оцінки відносної важливості критеріїв використовується лінгвістична перемінна $W = \{\text{Дуже важливий; Важливий; Менш важливий}\}$.

Значення термів множини задані нечіткими числами, що мають трикутний вид функції приналежності. Функції приналежності коефіцієнтів важливості представлені на рис. 1.

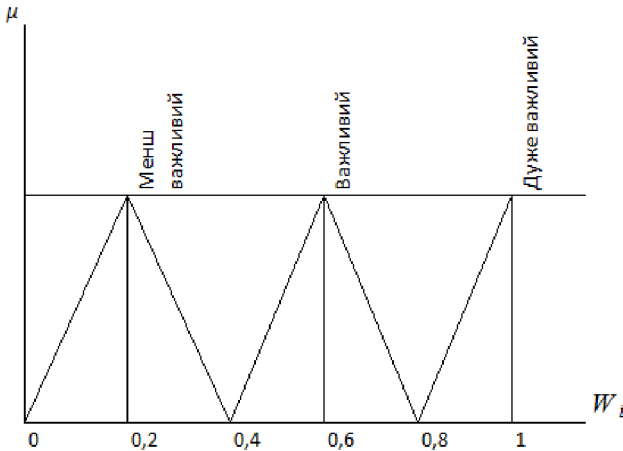


Рис. 1. Функції приналежності коефіцієнтів важливості

Критерії одержали наступні лінгвістичні оцінки відносної важливості:

$W = \{W_{C_1}$ - Дуже важливий; W_{C_2} - Дуже важливий; W_{C_3} - Важливий; W_{C_4} - Менш важливий; W_{C_5} - Важливий; W_{C_6} - Дуже важливий; W_{C_7} - Важливий; W_{C_8} - Менш важливий; W_{C_9} - Важливий; $W_{C_{10}}$ - Менш важливий}.

Такий розподіл значень критеріїв обумовлено цілями бан-

ку, його кредитною політикою. При цьому W_{C_7} має значення «Важливий», а не «Дуже важливий», тому що банк розуміє, що клієнти можуть відшукати допоміжні резерви для погашення кредиту не тільки за рахунок заробітної плати.

Значення показників та характеристик відповідно критеріям потенційних позичальників банку зведені до таблиці 3.

Таблиця 3

Значення показників та характеристик потенційних позичальників банку

| Критерій | Клієнт a_1 | Клієнт a_2 | Клієнт a_3 | Клієнт a_4 | Клієнт a_5 |
|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| C_1 , грн. | 3500 | 2700 | 4100 | 1500 | 3100 |
| C_2 , міс. | 5 | 12 | 6 | 8 | 15 |
| C_3 | одружений | не одружений | одружений | одружений | не одружений |
| C_4 | є | невідомо | немає | є | є |
| C_5 | є | немає | є | немає | невідомо |
| C_6 , років | 37 | 49 | 25 | 67 | 50 |
| C_7 , грн. | 37000 | 28000 | 50000 | 10000 | 15000 |
| C_8 , міс. | 24 | 36 | 48 | 24 | 24 |
| C_9 | є | є | немає | невідомо | невідомо |
| C_{10} | невідомо | є | невідомо | немає | є |

Для оцінки ступеня відповідності клієнтів обраним критеріям використовується лінгвістичну перемінну – ступінь відповідності $R = \{\text{Висока; Низька; Середня; Не встановлена}\}$.

Як і для коефіцієнтів важливості, для ступеню відповідності використовується трикутний розподіл функції приналежності. Тоді функції приналежності термів в математичному виді мають наступний вид:

$$\text{Висока} = \{0.0/0.6; 1.0/0.8; 0.0/1.0\};$$

$$\text{Середня} = \{0.0/0.4; 1.0/0.6; 0.0/0.8\};$$

Низька = {0.0/0.2; 1.0/0.4; 0.0/0.6};
 Не встановлена = {0.0/0.0; 1.0/0.2; 0.0/0.4}.

Функції приналежності графічно наведені на рис. 2.

Кожен показник та характеристика потенційних позичальників банку порівнюється з граничними значеннями відповідних показників, що встановлює той чи інший банк. Відповідно до того, що сутність методу складається з упорядкування деяких m альтернатив (в цьому випадку – 5 альтернатив) по n критеріях (10 критеріїв у розглянутому випадку), необхідно обчислити зважені оцінки альтернатив.

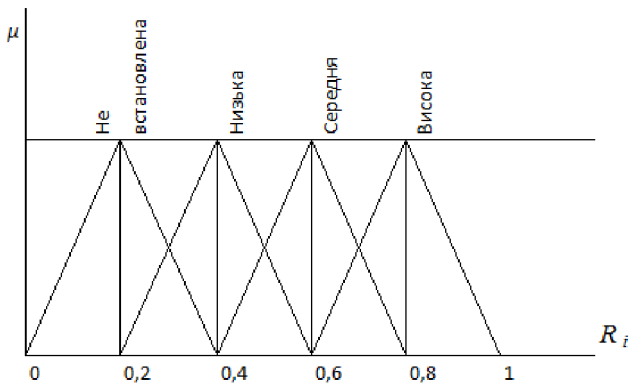


Рис. 2 Функції приналежності ступеню відповідності

Зважена оцінка j -ї альтернативи R_i є результатом лінійної комбінації нечітких чисел і також має функцію приналежності трикутного виду. Вершина і границі нечіткого числа $Z = X*Y$ визначаються таким способом: $Z' = X'*Y'$; $Z'' = X''*Y''$; $Z^* = X^* * Y^*$.

Значення відповідних функцій приналежності інтерпретуються, як характеристики ступеня того, наскільки альтернатива a_i є найкращою (найбільш ймовірною). Розрахунки представлені у таблиці 4.

Таблиця 4

Розрахунки меж функцій приналежності

| 1 | | | 2 | | | 3 | | | 4 | | | 5 | | |
|------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|
| ліва | центр | права | ліва | центр | права | ліва | центр | права | ліва | центр | права | ліва | центр | права |
| 0,32 | 0,6 | 0,8 | 0,32 | 0,6 | 0,8 | 0,48 | 0,8 | 1 | 0,16 | 0,4 | 0,6 | 0,32 | 0,6 | 0,8 |
| 0,16 | 0,4 | 0,6 | 0,48 | 0,8 | 1 | 0,32 | 0,6 | 0,8 | 0,32 | 0,6 | 0,8 | 0,48 | 0,8 | 1 |
| 0,16 | 0,36 | 0,64 | 0,24 | 0,48 | 0,8 | 0,16 | 0,36 | 0,64 | 0,16 | 0,36 | 0,64 | 0,24 | 0,48 | 0,8 |
| 0 | 0,16 | 0,4 | 0 | 0,04 | 0,16 | 0 | 0,12 | 0,32 | 0 | 0,16 | 0,4 | 0 | 0,16 | 0,4 |
| 0,24 | 0,48 | 0,8 | 0,16 | 0,36 | 0,64 | 0,24 | 0,48 | 0,8 | 0,16 | 0,36 | 0,64 | 0 | 0,12 | 0,32 |
| 0,48 | 0,8 | 1 | 0,48 | 0,8 | 1 | 0,32 | 0,6 | 0,8 | 0,16 | 0,4 | 0,6 | 0,32 | 0,6 | 0,8 |
| 0,16 | 0,36 | 0,64 | 0,16 | 0,36 | 0,64 | 0,16 | 0,36 | 0,64 | 0,24 | 0,48 | 0,8 | 0,24 | 0,48 | 0,8 |
| 0 | 0,16 | 0,4 | 0 | 0,12 | 0,32 | 0 | 0,12 | 0,32 | 0 | 0,16 | 0,4 | 0 | 0,16 | 0,4 |
| 0,16 | 0,36 | 0,64 | 0,16 | 0,36 | 0,64 | 0,24 | 0,48 | 0,8 | 0 | 0,12 | 0,32 | 0 | 0,12 | 0,32 |
| 0 | 0,04 | 0,16 | 0 | 0,16 | 0,4 | 0 | 0,04 | 0,16 | 0 | 0,12 | 0,32 | 0 | 0,16 | 0,4 |
| 1,68 | 3,72 | 6,08 | 2 | 4,08 | 6,4 | 1,92 | 3,96 | 6,28 | 1,2 | 3,16 | 5,52 | 1,6 | 3,68 | 6,04 |

μ Отримані функції приналежності приведені на рис. 3.

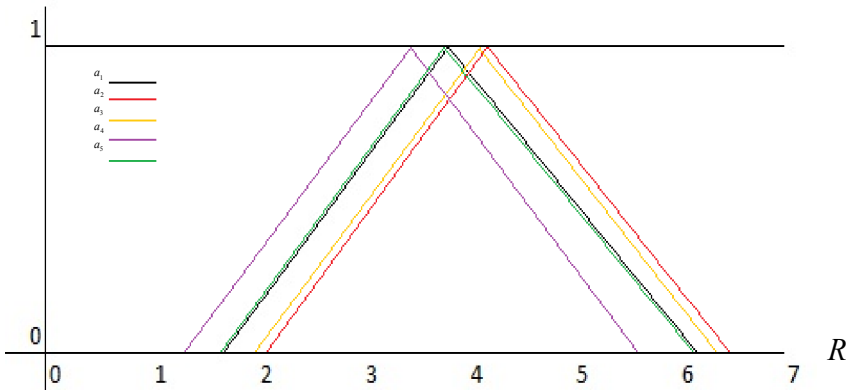


Рис. 3. Функції приналежності

З рисунка 3. видно, що найбільш прийнятним клієнтом для банку є клієнт a_2 . І далі в міру убування ступеня ефективності альтернативи розміщуються таким чином – клієнт a_3 ; клієнт a_1 ; клієнт a_5 ; клієнт a_4 .

Застосування максимінної згортки надало наступні результати.

Етап 1. На основі експертної інформації будуються функції приналежності для кожного з обраних критеріїв. Нечіткі множини для кожного з 10 критеріїв у розрізі п'яти досліджуваних альтернатив мають такий вид:

$$\mu_{C_1}(a) = \{0.85/a_1; 0.66/a_2; 1/a_3; 0.37/a_4; 0.76/a_5\};$$

$$\mu_{C_2}(a) = \{0.33/a_1; 0.80/a_2; 0.40/a_3; 0.53/a_4; 1/a_5\};$$

$$\mu_{C_3}(a) = \{0.50/a_1; 1/a_2; 0.50/a_3; 0.50/a_4; 1/a_5\};$$

$$\mu_{C_4}(a) = \{1/a_1; 0.60/a_2; 0.80/a_3; 1/a_4; 1/a_5\};$$

$$\begin{aligned}
\mu_{C_5}(a) &= \{1/a_1; 0.80/a_2; 1/a_3; 0.80/a_4; 0.60/a_5\}; \\
\mu_{C_6}(a) &= \{0.93/a_1; 0.78/a_2; 0.63/a_3; 0.33/a_4; 0.75/a_5\}; \\
\mu_{C_7}(a) &= \{0.68/a_1; 1/a_2; 0.83/a_3; 0.36/a_4; 0.54/a_5\}; \\
\mu_{C_8}(a) &= \{1/a_1; 0.80/a_2; 0.60/a_3; 1/a_4; 1/a_5\}; \\
\mu_{C_9}(a) &= \{0.67/a_1; 0.67/a_2; 1/a_3; 0.33/a_4; 0.33/a_5\}; \\
\mu_{C_{10}}(a) &= \{0.50/a_1; 1/a_2; 0.50/a_3; 0.67/a_4; 1/a_5\}.
\end{aligned}$$

Етап 2. Здійснюється згортка наявної інформації з метою виявлення найкращої альтернативи і ранжирування альтернатив.

Оптимальною вважається альтернатива з максимальним значенням функції приналежності до множини F . Операція перетинання нечітких множин відповідає вибору мінімального значення для j -ї альтернативи. У якості кращої вибирається альтернатива a^* , що має найбільше значення функції приналежності: $\mu_F(a^*) = \max_{j=1,m} \mu_F(a_j)$.

Виходячи з цього, для розглянутого дослідження ранжуюча множина альтернатив має такий вид:

$$\begin{aligned}
F = \min\{ & \{0.85; 0.33; 0.50; 1; 1; 0.93; 0.68; 1; 0.67; 0.50\} \\
& \{0.66; 0.80; 1; 0.60; 0.80; 0.78; 1; 0.80; 0.67; 1\} \\
& \{1; 0.40; 0.50; 0.80; 1; 0.63; 0.83; 0.60; 1; 0.50\} \\
& \{0.37; 0.53; 0.50; 1; 0.80; 0.33; 0.36; 1; 0.33; 0.67\} \\
& \{0.76; 1; 1; 1; 0.60; 0.75; 0.54; 1; 0.33; 1\} \}
\end{aligned}$$

Результуючий вектор пріоритетів альтернатив має наступний вид: $\mu_F(a^*) = \max\{0.33; 0.60; 0.40; 0.33; 0.33\}$.

Таким чином, песимістичний варіант ранжирування пропонує в якості кращої 2-у альтернативу (клієнта), що аналогічно отриманим раніше результатам. На другій позиції втримався клієнт a_3 . Однак, 1-й, 4-й та 5-й клієнти у даному підході займають однакові позиції, тобто для банку ці клієнти мають подібні характеристики та є ризиковими клієнтами.

Порівняльні результати досліджень із застосуванням двох розглянутих методів представлені на рис. 4.



Рис. 4. Порівняльні результати діагностики клієнтів на базі методів нечіткої математики

Як видно з рисунка, очевидним є найбільша прибутковість для банку клієнтів 2 та 3. І оптимістичний, і песимістичний підходи з невеликими відхиленнями вказують саме на ефективність даних альтернатив. Істотних відхилень майже не спостерігається.

Застосування нейронної мережі дозволило поділити клієнтів по групам ризику, усередині яких рівень ризику однаковий і максимально відрізняється від рівня ризику інших груп [9].

Побудова нейронної мережі була здійснена за допомогою пакету прикладних програм для вирішення завдань технічних обчислень Matlab. Навчання мережі було здійснено за принципом одношарового перцептрону. Схема подібної мережі зображена на рис. 5.

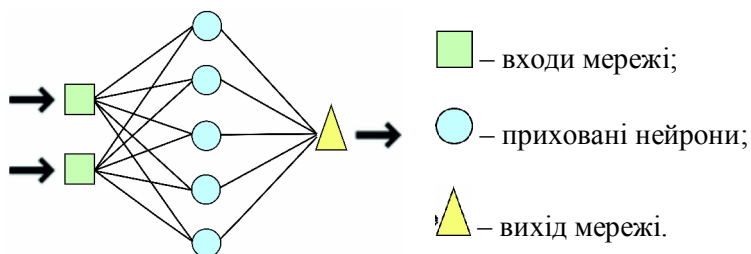


Рис. 5. Схема нейронної мережі

У створеній нейронній мережі для кредитного скорингу 10 входів, 1 шар прихованих нейронів та 2 виходи. Так, на вході

подаються значення показників клієнта, а на виході отримуємо значення «1» або «-1» (надійний чи ризиковий позичальник).

Результат оцінювання позичальників по наведеним раніше критеріям представлено на рис. 6.

Як показано на рис. 6, нейронна мережа дає значення двох змінних:

w – коефіцієнти при невідомих;

b – вільний коефіцієнт.

Для знаходження результату виходу програма підставляє значення коефіцієнтів при невідомих та вільного коефіцієнту у лінійне рівняння з десятьма невідомими:

$$y = w_1x_1 + w_2x_2 + w_3x_3 + w_4x_4 + w_5x_5 + w_6x_6 + w_7x_7 + w_8x_8 + w_9x_9 + w_{10}x_{10} + b.$$

```
>> scoring
```

```
w =
```

```
Columns 1 through 6
```

```
0.3077    -1.4000    -2.0000    -8.0000     1.0000    -3.2381
```

```
Columns 7 through 10
```

```
2.6000     6.0000     2.0000    -1.0000
```

```
b =
```

```
-2
```

```
Y =
```

```
-1     1     1    -1    -1
```

Рис. 6. Тестування нейронної мережі

Нейронна мережа розділила п'ять потенціальних позичальників гіпотетичного комерційного банку на дві групи. До групи надійних позичальників відносяться другий та третій клієнти, а перший, четвертий та п'ятий клієнти є ризиковими позичальниками та віднесені до другої групи.

Висновки

Таким чином, застосування розглянутих методів, демонструючи різні можливості вибору (в залежності від застосовуваного методу), дозволяє особі, що приймає рішення, провести первинну діагностику потенційних клієнтів-позичальників банку на різних етапах прийняття рішень.

Гнучкість запропонованої методики оцінки з використанням нечітких методів та нейронної мережі дозволяє легко пристосовувати її до реальних умов функціонування конкретних комерційних банків. Згідно з цим розробки можуть бути рекомендовані до впровадження у кредитних відділах комерційних банків в ході реалізації процедур кредитного скорингу.

Отримані результати доводять, що тільки комплексний характер досліджень з використанням сучасного математичного апарату та інформаційних технологій може дійсно сприяти підвищенню ефективності однієї з головних сфер банківської діяльності – кредитної.

Список використаної літератури:

1. Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Анализ, синтез, планирование решений в экономике. – Учебник. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 368 с.
2. Борисов А.Н., Крумберг О.А., Федоров И.П. Принятие решений на основе нечетких моделей. Примеры использования. – Рига: Зинатне, 1990. – 184 с.
3. Владичин У. В. Банківське кредитування: Навчальний посібник / За ред. д.е.н., проф. С. К. Реверчука. – К.: Атїка, 2008.
4. Вовк В.Я. Кредитування і контроль: навч. посібник / В.Я. Вовк, О.В. Хмеленко. – К.: Знання, 2008. – 463 с.
5. Губко М.В. Лекции по принятию решений в условиях нечеткой информации. – М.: ИПУ РАН, 2004.
6. Операції комерційних банків / Р. Коцовська та ін. – Львів: Центр «Європа», 1997, 228 с.
7. Руководство по кредитному скорингу / под ред. Элизабет Мэйз. – М.: Гревцов Паблишер, 2008, 464 с.
8. Рыбин В.В. Основы теории нечетких множеств и нечеткой логики. – М.: МАИ, 2007. – 96 с.
9. Desai V. S., Conway D. G., Crook J. N., Overstreet G. A. Credit scoring models in the credit union environment using neural

networks and genetic algorithms//IMA J. Mathematics applied in
business and industry. 8/1997.

МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ДИНАМІЧНОГО МОДЕ- ЛЮВАННЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ СОЦІАЛЬНО- ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ

О.А. Гавриш, С.В. Войтко, Т.Є. Анкудович
м. Київ, Національний технічний університет України «Київсь-
кий політехнічний інститут»

Визначення та обґрунтування стратегічних напрямів економічного розвитку України в цілому та її регіонів (адміністративно-територіальних одиниць) є однією із актуальних проблем як державного управління, так і суб'єктів підприємницької діяльності зокрема. Важливість зазначеного підкріплюється необхідністю нівелювання наслідків глобальної економічної кризи та, при можливості, отримання принципово нових можливостей для національної економіки по закінченню цього кризового стану та посідання таких позицій на світовій арені, які є суттєвими саме для якісних перетворень в національній економіці.

Положення концепції сталого розвитку передбачають раціональне, заощадливе використання ресурсів Землі. Саме раціональність обмежує потреби людства, не допускає безконтрольність використання ресурсів, що, як наслідок, зумовлюватиме певний дефіцит окремих груп товарів. А це, у свою чергу, зумовлює конфлікт між оптимальним рівнем споживання населення і промисловості та зростанням рівня якості життя і розвитку промислового комплексу.

Методологія розрахунку рівня сталого розвитку та гармонізації передбачає використання методик як статичного, так і динамічного визначення певних показників (індексів та індикаторів). У статичному представленні для аналізу обирається набір даних, як правило, за один рік – статистична звітність. Таке представлення надає можливість оцінювати стан об'єкта (у нашому випадку це країна чи адміністративно-територіальна одиниця) у конкретний момент часу, саме за обраний рік.

Динамічний аналіз дещо розширює можливості аналізу. Цей аналіз, як правило, базується на результатах статичного представлення за певний період. Проте має й свої особливості, які полягають у нормуванні та приведенні окремих показників

до певного року (за необхідності). Об'єднання результатів статистичних досліджень за досить значні періоди часу надає можливість визначити низку додаткових показників, виявити певні динамічні ефекти, суттєві залежності від впливу фактору часу.

Методики розрахунку показників сталого розвитку за даними одного року представлені в роботі [1, с. 9 – 15]. Розвиток методології увійшов до метрики для вимірювання, оцінювання та рангування індексів та індикаторів сталого розвитку в роботі [2, с. 10 – 12]. Існуючі наукові доробки в основному розглядають процеси в статистиці, акцентуючи увагу тільки на аналізі отриманих значень, що характеризують певний рівень розвитку того чи іншого об'єкту на певний період часу (за даними одного року). Порівнюючи результати моделювання між собою на певному періоді часу (декілька років) можливо виявити певну тенденцію (у загальному вигляді схематично представлено на рис. 1).

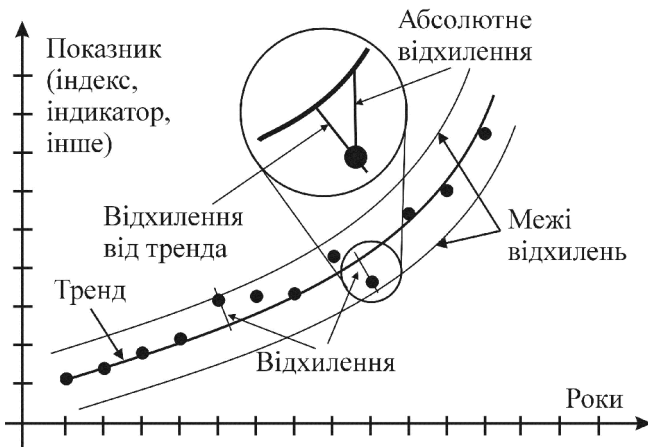


Рис. 1. Основні елементи динаміки показника

Звичайно, відхилення показника можуть приймати різні значення: знаходитися вище лінії тренда та нижче неї. Величина цих відхилень характеризує «несталість» («нестійкість») цього показника. Проте у будь-якому випадку всі значення можна обмежити певним «коридором». Вважаємо, що у даному «коридорі» спостерігається стабільність розвитку, тобто розвиток є «сталим» («стійким»). Зазначимо, що тренд є пев-

ним орієнтиром стійкості, тобто чим ближче до нього знаходиться значення показника для кожного періоду, тим більш стійке положення той чи інший об'єкт має у цей період часу. Тобто тренд представляє собою якусь усереднену лінію зміни визначеного показника у часі.

Стосовно термінології понять «сталість» («стійкість»), то слід відмітити, що різні наукові школи у тому чи іншому випадку використовують поняття «сталий розвиток» [3; 4], «стійкий розвиток» [5], а також зустрічається й «усталений розвиток» [6, с. 51 – 52.], «гармонійний розвиток» [7]. Різноманіття понять не має звужувати проблематику, а бути взаємодоповнюючим. Еволюційно наука добре найбільш доцільне тлумачення, що й призведе до уніфікації термінологічного апарату.

Проте на основі аналізу змісту наукових праць можна виокремити такі дві тенденції у використанні термінології: поняття «сталий» стосується переважно макрорівня, на рівні регіонів і країн, а термін «стійкий» використовується на мікрорівні, при аналізі виробничих структур.

Тобто забезпечувати стійкість розвитку певного об'єкту, наприклад, країни, при таких незначних змінах параметрів у часі, щоб значення них приймали в кожному наступному періоді такі величини, які відповідали б концепції сталого розвитку. Для зменшення впливу зовнішніх факторів пропонується застосовувати науково обґрунтовані межі допустимих значень, у яких ще приймається рівень стійкості за належний. Саме під поняттям «стійкість» розвитку розуміємо такі зміни параметра впродовж щоб значення цього параметра приймали в кожному наступному відтинку часу такі величини, які відповідали б положенням концепції сталого розвитку.

Системні дослідження з проблематики сталого розвитку країн було розпочато близько півстоліття тому. Концептуальні засади розвинуті та підтримані на саммітах ООН, де брали участь понад 180 країн, а також деякі міжнародні організації. Ці самміти пройшли у Ріо-де-Жанейро в 1992 році, в Йоганнесбурзі у 2002 році, а також у 2012 році на «Ріо+20» (тобто двадцять років потому, як відбувся самміт в Ріо-де-Жанейро). На останньому самміті учасниками прийнята Резолюція за № 66/288 – «Майбутнє, якого ми хочемо» (Генеральної Асамблеї ООН) [8]. Розроблені документи визначають орієнтири розвит-

ку світової спільноти на основі положень, що ще є розробленими В. І. Вернадським [9].

Певну наукову проблему становлять динамічні процеси, які значною мірою визначають стан майбутнього Землі та суспільства зокрема. Проте розробок, методик, які надавали б змогу належним чином оцінити наслідки того чи іншого рішення стосовно розвитку об'єкту в майбутньому, недостатньо, а існуючі мають певні недоліки. До основних недоліків варто віднести те, що у одній методиці використовуються дані, отримані з різних джерел, що мають різну природу, та потребують системного узгодження, нормування, приведення до такого вигляду, який є зрозумілий особам, що приймають управлінські рішення на державному чи регіональному рівнях. Інший суттєвий недолік – це приведення всього ряду показників до одного, базового року, адже соціальні, екологічні та економічні процеси розвиваються відносно незалежно, а показники можуть значно відрізнятись один від одного на значних періодах. Це при тому, що на практиці значення різні для різних періодів, а їх зміст однаковий. Зазначене більшою мірою стосується економічної складової сталого розвитку, адже, наприклад, середня зарплата у 2000 році та в 2013 році значно відрізняється, а купівельна спроможність змінилася не суттєво. Враховуючи зазначене, слід враховувати при розробці методики різні індекси, які коректують ту чи іншу залежність.

На основі здійснення досліджень окреслимо основні закономірності та характерні риси динамічної моделі. На рис. 2а представлено лінійну залежність, яка відображає стабільне зростання (падіння) значення індикатора. Рис. 2б представляє собою прискорене зростання індикатора, і навпаки, рис. 2в – поступове сповільнення темпів приросту (зниження). На рис. 2г і рис. 2д представлені зміни у значенні індикатора: від зростання до падіння, і навпаки. Рис. 2е представляє залежність, що спостерігається досить часто у реальних економічних процесах.

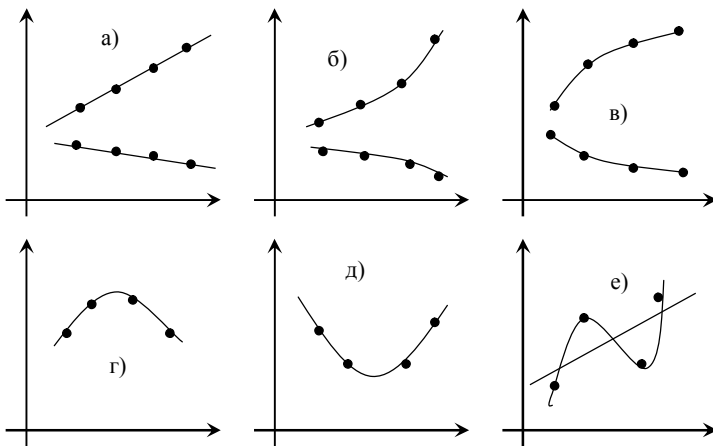


Рис. 2. Основні можливі сценарії зміни значення індикаторів динамічної моделі

Для кожного варіанту, що приведені на рис. 2а – 2д, є можливим визначення коефіцієнтів для апроксимаційної функції. Зазначене надає змогу визначити особливості динаміки «сталості» розвитку. Для рис. 2а коефіцієнт (кут нахилу) визначається однозначно, проте на практиці таке досить рідко зустрічається і, зазвичай, є характерним для періоду до 4 років. Лінійність на значних проміжках часу для такої залежності дозволяє стверджувати про стійкість системи за даним індикатором. Впродовж значного періоду часу спостерігається зростання (чи падіння) того чи іншого індикатора.

Рис. 2б відображає прискорене зростання (чи спадання) значення індикатора. Ситуаційно це спостерігається на практиці у дещо більшій кількості випадків, аніж для лінійної залежності (рис. 2а). До цього ж характерним є те, що приведені функціональні залежності здебільшого відображають незначні проміжки часу: 3 – 5 періодів (років у нашому випадку) спостереження. На рис. 2в приведено залежність, яка характеризує сповільнене зростання (чи спадання). Як з'ясувалося на практиці, така залежність є подібною до представленної на рис. 2б, також характеризується незначним лагом часу спостереження. За аналізом статистичних даних стверджуємо, що у значній кількості випадків спостерігається взаємний перехід від функціональної залежності рис. 2б до рис. 2в і навпаки.

Ряди даних на середніх проміжках часу (5 – 10, а в окремих випадках до 15 і більше років) описуються функціями, що зображені на рис. 2г та рис. 2д. Відзначимо, що такі залежності характерні, здебільшого, для тих індексів та індикаторів, для яких набори даних приведені у відносних показниках, нормовані, приведені до одного періоду часу. Для довгострокової перспективи спостерігаються факти взаємного переходу від функціональної залежності рис. 2г до рис. 2д, і у зворотному напрямі. Саме такий перехід характеризує циклічні процеси, кризові явища в економіці.

Тренд являє собою якусь усереднену лінію зміни показника, що визначає стійкість розвитку, а відхилення у більшу або в меншу сторону від цієї лінії являють собою якусь величину «нестійкості». На підставі цього припущення приймаємо відстань від тренда до точки значення показника рівнем стійкості. А приймаючи тренд орієнтиром стійкості, припускаємо його стабільним у часі (див. рис. 3) і всі відхилення вимірюються від цієї прямої лінії як різниця значень показника та рівня лінії.

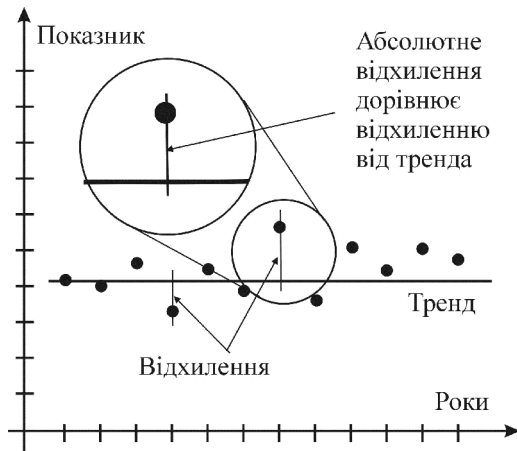


Рис. 3. Приведення ряду показників до стабільного у часі тренду

Відповідно, відхилення можуть приймати різні значення, як знаходитися вище лінії тренда, так і нижче неї. Зазначимо, що тренд є орієнтиром стійкості і чим ближче до нього буде значення показника, тим більш стійке положення об'єкт має у цей період. Аналіз цих відхилень дозволяє ввести поняття «зо-

ни стійкості» (рис. 1). Визначення положення цієї зони є складним завданням, що пов'язано з математичним обґрунтуванням рівня цієї стійкості.

Так, на рис. 4 представлено, як приклад, зона стійкості, яка визначається наступним чином. На досліджуваному періоді визначаємо максимальне та мінімальне значення. Далі визначаємо зону стійкості як значення від 50 % лінії мінімального значення до лінії стійкості та до 50 % максимального значення до лінії стійкості.

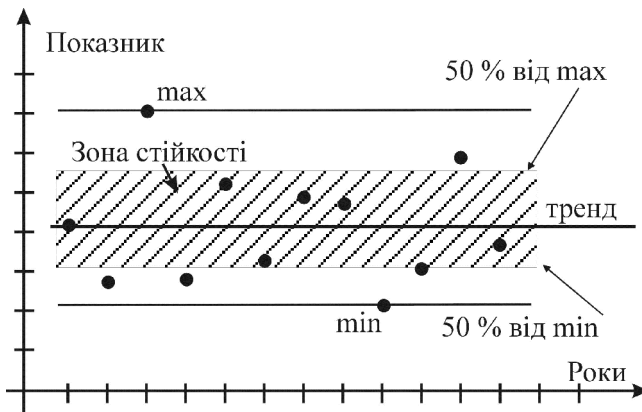


Рис. 4. Визначення зони стійкості на основі половинної зони

Таким чином, визначаючи рівень стійкості, отримуємо певний розподіл точок у зоні стійкості і поза цією зоною стійкості. При цьому можемо, як варіант, отримати як знаходження $n-2$ точки в зоні стійкості (крім точок максимуму та мінімуму), так і відсутність точок у цій зоні стійкості. Тобто всі точки виходять за середні лінії, тобто вище, а ніж половина від максимуму та нижче половини від мінімуму. Таке означає значний рівень нестійкості системи.

Проте можливий варіант, що тільки одна з точок значно «відстає» від інших в ряду. При цьому інші практично мають близькі значення показника, тобто знаходяться у зоні стійкості. Тоді рівень динамічної стійкості досить високий за винятком лише одного значення показника. При попаданні $n-2$ точки в зону стійкості можна припустити, що тільки два значення мають «винятки». Це є точки мінімуму й максимуму, за якими

будується зона стійкості. Наведена методика має як позитивні, так і негативні сторони запропонованого підходу до аналізу рівня стійкості.

Для зменшення рівня впливу зазначених недоліків методики пропонується застосовувати при вимірюванні рівня стійкості якийсь «науково обгрунтований рівень стійкості». На рис. 5 представлено два варіанти такого підходу.

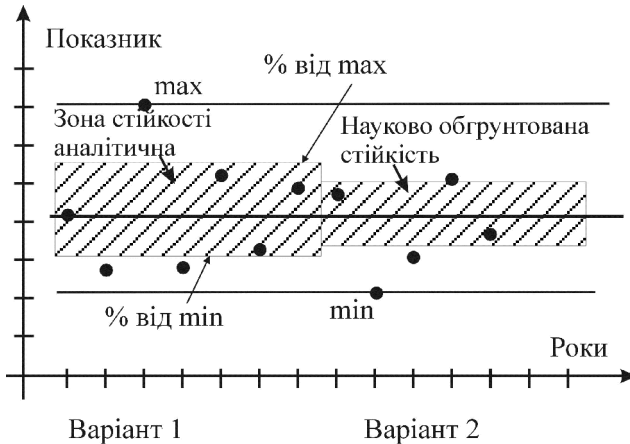


Рис. 5. Варіанти науково обгрунтованих зон стійкості

Варіант 1 на рис. 5 передбачає більш широкую визначену зону стійкості: розкид значення параметра досить значний. Для варіанта 2 ця зона є більш вузька, значення параметрів незначно розходяться від середньої лінії і кількість викидів потрібно вважати як характеристику нестійкості стану системи. Зазначимо, що обирати зону стійкості слід застосовуючи певні логічні обгрунтування. Так, наприклад, зону стійкості можна визначити як зону, в яку потрапляють, наприклад, половина значень або квадратний корінь значень із двох, або ще будь-яким методом.

Розробляючи зону запланованої стійкості, пропонується певний «коридор», який містить й тренд, положення цих елементів визначає найбільш оптимальні значення для показника у майбутньому. Саме такі значення експертами вважаються найбільш оптимальними з точки зору раціонального використання ресурсів Землі.

На рис. 6 узагальнено вищевказане, ґрунтуючись саме на положеннях концепції сталого розвитку.

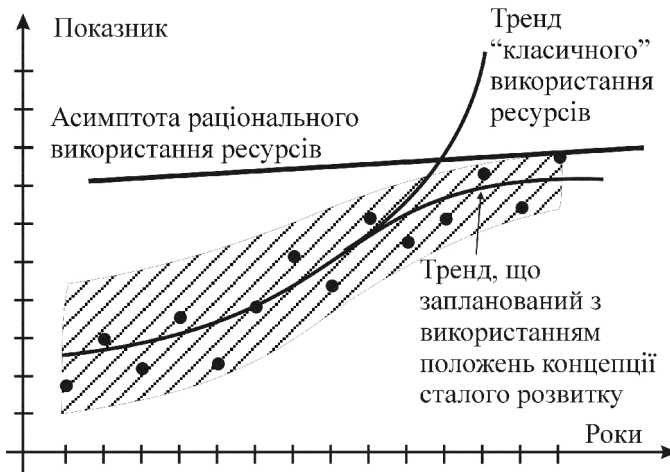


Рис. 6. Використання ресурсного підходу та положень концепції сталого розвитку при плануванні границь зміни показників у майбутньому періоді

Плановані показники мають потрапляти у зону стійкості, яка дещо звужується. Також можливе майбутнє значення показників передбачається обмежити асимптотою раціонального використання ресурсів з метою виключення можливості необмеженого зростання значень функції при неконтрольованому використанні ресурсів.

Отже, оцінювання стійкості значень показників у динаміці для тривалих періодів часу з певною дискретністю (у нашому випадку – один рік) є актуальним для процесів забезпечення сталого (стійкого) розвитку систем різного роду. Зазначене пов’язане із забезпеченням оптимального використання обмежених ресурсів людства та гармонійного об’єднання економічного, соціального, екологічного та інституційного вимірів.

Запропонований концептуальний підхід до формування та визначення зони стійкості в динамічній системі надає можливість аналізувати процеси розвитку соціально-економічних систем, а розробка заходів, які сприятимуть підтримуванню рівня показників у зоні стійкості досить тривалий час, забезпечать виконання положень концепції сталого розвитку на довгостро-

ковий період.

При розробці методичних підходів слід дотримуватися наступних принципів, до яких належать оптимальність лагу часу, можливість дослідження величин (показників) різної природи, взаємозв'язок складових у системі.

Список використаної літератури:

1. Згуровський М. З. Сталий розвиток у глобальному і регіональному вимірах: аналіз за даними 2005 р. // М. З. Згуровський / – К. : НТУУ «КПІ» ВПІ ВПК «Політехніка», 2006. – 84 с.
- 2 Аналіз сталого розвитку – глобальний і регіональний контексти: У 2 ч. / Викон.: А. О. Болдак, С. В. Войтко, О. А. Гавриш, І. М. Джигирей та інші : наук. кер. М. З. Згуровський. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – Ч. 2. Україна в індикаторах сталого розвитку. Аналіз – 2012. – 264 с.
3. Фоміна М. В. Проблеми сталого економічного розвитку в умовах глобалізації : монографія / М. В. Фоміна; М-во освіти і науки, Донец. нац. ун-т економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського. – Донецьк: [ДонНУЕТ], 2010. – 364 с.
4. Аналіз сталого розвитку – глобальний і регіональний контексти: / Міжнар. рада з науки (ICSU) [та ін.]; Виконавці: А. О. Болдак, С. В. Войтко, О. А. Гавриш, І. М. Джигирей та інші : наук. кер. М. З. Згуровський. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – Ч. 2. Україна в індикаторах сталого розвитку (2011 – 2012). – 232 с.
5. Стійкий розвиток регіонів України на базі кластеризації та корпоратизації (галузевий аспект): колективна монографія / під заг. ред. К. Ф. Ковальчука. — Дніпропетровськ: ІМА-прес, 2012. – 254 с.
6. Білорус О. Г. Глобальна перспектива і сталий розвиток : (Системні маркетинг. дослідж.) / О. Г. Білорус, Ю. М. Мацейко. – К.: МАУП, 2005. – 492 с.
7. Єфремов О. В. Сталий чи гармонійний (з екосистемою) розвиток – чому віддати перевагу? / О.В. Єфремов // Економіка України. – 2008. – № 2. – 52 с.
8. Будущее, которого мы хотим / Резолюция 66/288. Генеральной Ассамблеи ООН // [Электронный ресурс] документ A/RES/66/288, 11.09.2012 г. – 68 с. – Режим доступа: <http://daccess-ods.un.org/TMP/3352657.85455704.html>

9. Вернадский В. И. Несколько слов о ноосфере. – Успехи современной биологии. – 1944. – No. 18, вып. 2. – С. 113 – 120.

МОДЕЛЬ «РИНКОВОЇ ОМАНИ» У ВЗАЄМОДІЇ КШТАЛТУ «ПРИНЦИПАЛ – АГЕНТ»

Д. Б. Соколовський

м. Донецьк, Інститут економіки промисловості НАН України

Питання утворення й існування неефективних норм й інституцій неодноразово підіймалося економістами-науковцями інституційного (і не лише) напрямку. Не вдаючись у формальне визначення норми та інституції (таке визначення автором давалося, наприклад, у [1]), будемо сприймати норму, як певну модель поведінки, що відповідає наявним у суспільстві (або в певній організації) встановленням або ж самі зазначені встановлення. Проте, останнє визначення швидше слід поставити у відповідність до категорії «інституція», бо згідно Д. Норта, під інституціями розуміють «правила гри» в суспільстві або «створені людиною» обмежувальні рамки, які організують взаємовідносини поміж людьми, а також систему механізмів, що забезпечує їх виконання (enforcement) [2].

Наданих визначень достатньо, аби ввести поняття ефективності норми (інституції). Норма, як модель поведінки буде ефективною з погляду класичної економічної теорії, якщо вона призводить до максимізації бажаного результату (доходу, прибутку, виграшу). Проте, домінування наразі як принципу поведінки агентів впроваджені Г. Саймоном обмеженої раціональності, дозволяє послабити умови ефективності: ефективною вважатимемо норму поведінки, якщо її дотримання агентом дає результат, який його задовольняє (хоч і не обов'язково є максимальним).

Зважаючи на те, що економічна діяльність назагал являє собою взаємодію агентів із власними інтересами та цілями, при визначенні ефективності норм й інституцій доцільно враховувати результати, яких прагнуть всі суб'єкти взаємовідносин. Це ускладнює поняття ефективності. При цілком раціональній по-

ведінці всіх агентів, ефективною будемо вважати модель їхньої спільної дії, якщо її результат є Парето-оптимальним. Аналогічно, за обмежено раціональної поведінки ефективною вважатимемо норму, в результаті дотримання якої всі фігуранти взаємин виявляться задоволеними їх підсумком.

Ефективною інституцією назвемо такий набір правил, який надає потенційну можливість (не заважає) агентам отримати оптимальний (задовільний) результат.

Класичні приклади неефективної взаємодії на ринку відомі в економічній теорії під назвою ринкових відмов (market failure) [3], причинами яких загально визнано недосконалість ринку: недостатню кількість продавців, обмеженість асортименту товарів, зовнішні впливи, спричинені фактичною неоднорідністю властивостей благ, когнітивними обмеженнями економічних агентів. Ігровою моделлю ринкової відмови можна вважати гру «дилема в'язнів», в якій раціональна поведінка сторін забезпечує неоптимальне за Парето (а іноді просто незадовільне) для одного з агентів рішення.

Методична база дослідження ефективності норм й інституцій ґрунтується на розумінні того, що система установлень, правил, звичаїв, стереотипів, актуальних у відносинах економічних суб'єктів, може, в певному розумінні, вважатися угодою між суб'єктами, які, у свою чергу, можуть цю угоду виконувати, ухилитися від неї, а також отримувати санкції за ухилення. Отже така система досить адекватно окреслюється в рамках теорії угод (або більш вузько – теорії принципала й агента [4]). Водночас, оскільки ми розглядаємо взаємовідносини агентів, у ролі формального апарату цілком слушно використовувати теоретико-ігрові моделі та методи. В термінах теорії ігор нормами слід вважати взаємні стратегії поведінки, а значення платіжної функції відображують їхню ефективність.

Теорія принципала й агента через теорію угод має безпосередній зв'язок з однією із ключових теорій нової інституціональної економіки – теорією трансакційного накладу та є альтернативою стандартному підходу до їх моделювання – введення в модель загальної рівноваги додаткового виду діяльності – трансакції. На відміну від цього підходу теорія угод розглядає пов'язаних із наявністю трансакційного (а точніше – інформаційного) накладу ефектів. Формальна теорія угод має справу із

двома видами інформаційних обмежень: недосконалість передбачення й асиметричність інформації, що є засадою теорії принципала й агента. Розрізняють також два типи асиметричної інформації: до укладення угоди (*ex ante*) та після її укладення (*ex post*). Перший тип отримав назву «несприятливий відбір», другий – «моральний ризик».

Проте, в усіх цих випадках неефективність взаємної стратегії виявляється відразу. Цікавішим (а в практичних застосуваннях – небезпечнішим) є випадок, за якого отримане рішення виглядає цілком задовільним для всіх сторін (ми розглядаємо дві сторони), і лише із часом, у процесі повторення взаємовідносин незворотні зміни проявляють його неефективність, а то і шкідливість. Логічно назвати такі випадки «ринковими оманами». Найвідомішим прикладом таких взаємин для ситуації *ex ante* – «несприятливого відбору» є модель витіснення з ринку якіснішого товару менш якісним, класичним описом якого вважається стаття Дж. Акерлофа [5], в якій формально доведено принципову можливість існування ситуації на ринку, коли у продавців з'являється стимул виставляти на продаж товари низької якості, бо висока якість створює репутацію, переважно, не конкретному торговцю, а всім продавцям на ринку. В результаті виникає тенденція до зменшення середнього рівня якості товарів при постійній ціні, внаслідок витіснення товарів вищої якості. Слід зазначити, що концепція відмов ринку не пояснює причин подібних неефективностей утворень.

Метою пропонованого дослідження є намагання змоделювати виникнення варіантів механізму, що запускає утворення неефективних норм кшталту «ринкових оман».

Базою для моделі несприятливого відбору стала модель взаємодії агента та принципала з переданням агенту в оренду виробничих ресурсів [6], на підставі аналізу якої було доведено існування таких значень параметрів системи (розміру платні агенту при наймі його принципалом), за яких жодна зі сторін не буде зацікавленою у підтриманні наявного рівня виробничих ресурсів, що, начебто, суперечить здоровому глузду. Аналізуючи причини такого становища, ми стикаємося з явищем «короткозорості» економічних агентів.

Отже, принципал у своїй діяльності для отримання доходу використовує ресурс початкової вартості X , що знаходиться у

його власності. Величина доходу, отриманого за допомоги ресурсу залежить від ефективності останнього. Очевидно, що за інших рівних умов більш зношений ресурс приноситиме менший дохід. Тому в інтересах принципала намагатися підтримувати певний рівень ресурсу, інвестуючи кошти в його оновлення.

Припустимо, що у певний момент неефективність ресурсу дорівнює p_0 ($0 \leq p_0 \leq 1$) – втрати доходу від використання ресурсу, порівняно з максимально можливими (для нового ресурсу). Залежність оновлення ресурсу X від обсягу інвестицій у нього принципалом описується функцією

$$p = p(Z(X)).$$

де Z – обсяг інвестицій в оновлення.

Використовуватимемо просту залежність:

$$Z = zX,$$

де z – обсяг інвестицій в оновлення одиниці ресурсу.

Будемо вважати цю залежність експоненційною:

$$p = p(Z(X)) = Xp(z, \nu) = Xp_0 e^{-\nu z}, \quad (1)$$

де ν – коефіцієнт ефективності інвестування принципалом в оновлення ресурсу.

Колізія для принципала – власника ресурсу полягає у такому. На економічному просторі можуть знайтися кращі (ефективніші) за нього фахівці з використання даного ресурсу, а отже для принципала може виявитися вигіднішими найняти відповідного фахівця – агента, ніж самому використовувати ресурс. Очевидно, що для такого агента функція оновлення ресурсу аналогічна (1), за тим винятком, що замість коефіцієнта ефективності інвестування принципалом в оновлення ресурсу ν використовується відповідний коефіцієнт агента – μ .

$$p = Xp(z, \mu) = Xp_0 e^{-\mu z(X)}. \quad (2)$$

Якщо принципал відмовляється від послуг агента, його витрати (l) складаються із інвестицій в оновлення ресурсу та недоотримання доходу внаслідок поточного зносу ресурсу:

$$l = zX + pX = zX + Xp_0 e^{-\nu z}. \quad (3)$$

При рішенні скористатись послугами агента у витрати (s) включаються крім величини інвестицій також розмір оплати

роботи агента за виключенням компенсації агентом недоотримання доходу від використання ресурсу:

$$s = zX + u(p, X) - v(p, X). \quad (4)$$

Обмежимося простим (але нетривіальним) випадком $u(p, X) = a + bpX$, $v(p, X) = pX$. Тоді

$$s = zX + a + bpX - pX = zX + a + (b - 1)Xp_0e^{-\mu z}. \quad (5)$$

Графіки функцій l і s наведено на рис. 1.



Рис. 1. Залежність загальних витрат принципала від величини інвестицій в оновлення ресурсу

Розглянемо, в якому випадку і в якій мірі у принципала і в агента може виникнути стимул вкласти кошти в оновлення ресурсу. Знайдемо значення z , за якого l досягає мінімуму:

$$\begin{aligned} \frac{dl}{dz} &= X(1 - p_0v e^{-vz}); \\ \frac{dl}{dz} &= 0 \Leftrightarrow p_0v e^{-vz} = 1; \\ \hat{z} &= \frac{1}{v} \ln(p_0v). \end{aligned} \quad (6)$$

$$\frac{d^2l}{dz^2} = Xp_0v^2 e^{-vz} > 0, \quad (7)$$

отже у точці \hat{z} функція l досягає мінімуму. Величина витрат принципала за умови оптимальних інвестицій в оновлення ресурсу дорівнюватиме

$$l(\hat{z}) = X \left(\hat{z} + p_0 e^{-v\hat{z}} \right) = X \left[\frac{1}{v} \ln(p_0 v) + p_0 e^{-v \left(\frac{1}{v} \ln(p_0 v) \right)} \right];$$

$$l(\hat{z}) = \frac{X}{v} (1 + \ln(p_0 v)). \quad (8)$$

Мінімум s знаходиться аналогічним чином (зауважимо, що попри найм принципалом агента для використання ресурсу, оновлення відбувається принципалом за його кошт):

$$\frac{ds}{dz} = X \left(1 - (b-1) p_0 v e^{-vz} \right);$$

$$\frac{ds}{dz} = 0 \Leftrightarrow (b-1) p_0 v e^{-vz} = 1;$$

$$\hat{z} = \frac{1}{v} \ln((b-1) p_0 v). \quad (9)$$

$$\frac{d^2s}{dz^2} = X (b-1) p_0 v^2 e^{-vz} > 0, \quad (10)$$

отже у точці \hat{z} функція s теж досягає мінімуму. Величина витрат принципала за умови оптимальних інвестицій в оновлення ресурсу дорівнюватиме

$$s(\hat{z}) = \hat{z}X + a + (b-1) X p_0 e^{-v\hat{z}} =$$

$$= a + X \left[\frac{1}{v} \ln((b-1) p_0 v) + (b-1) p_0 e^{-v \left(\frac{1}{v} \ln((b-1) p_0 v) \right)} \right];$$

$$s(\hat{z}) = a + \frac{X}{v} (1 + \ln((b-1) p_0 v)). \quad (11)$$

Якщо припустити, що оновлення ресурсу відбувається агентом і за його власний кошт, то його витрати складатимуть:

$$s_A = zX - a - (b-1)pX = zX - a - (b-1)Xp_0e^{-\mu z}. \quad (12)$$

Позаяк похідна s_A по z

$$\frac{ds_A}{dz} = X \left(1 + (b-1)p_0\mu e^{-\mu z} \right) > 0,$$

очевидно, що мінімум s_A знаходиться за найменшої можливої величини z : $z=0$, а отже, агент не має жодного стимулу інвестувати власні кошти в оновлення ресурсу, що є власністю принципала.

Що стосується принципала, то в намаганні зменшити власні витрати принципал стикається із дилемами: «наймати чи не наймати агента» та «оновлювати чи не оновлювати ресурс».

Дилема: «[не]наймати агента». Порівняємо вирази (8) та (11). Аби принципал виявився зацікавленим найняти агента, потрібно виконання умови $\hat{s} < \hat{l}$, тобто

$$l(\bar{z}) > s(\bar{z});$$

$$\frac{X}{v}(1 + \ln(p_0v)) > a + \frac{X}{v}(1 + \ln((b-1)p_0v)). \quad (13)$$

Отримаємо достатню умову того, що принципалу буде вигідніше найняти агента:

$$\frac{X}{v}(1 + \ln(p_0v)) > a + \frac{X}{v}(1 + \ln((b-1)p_0v));$$

$$a < \frac{X}{v}(1 + \ln(p_0v) - 1 - \ln(b-1) - \ln(p_0v));$$

$$a < -\frac{X}{v} \ln(b-1);$$

$$v < -\frac{X}{a} \ln(b-1). \quad (14)$$

Із (14), зокрема, випливає $a > 0$.

Дилема: «[не]інвестувати кошти в оновлення ресурсу. Аби принципал не був зацікавлений вкладати кошти в оновлення ресурсу при власноручному його використанні, величина \hat{z} із (6) не повинна перевищувати θ . З'ясуємо, за яких співвідношень параметрів це відбувається. Із (6) випливає

$$\hat{z} \leq \theta \Leftrightarrow \frac{1}{v} \ln(p_0v) \leq 0 \Leftrightarrow p_0v \leq 1;$$

$$\hat{z} \leq 0 \Leftrightarrow \frac{1}{\nu} \geq p_0. \quad (15)$$

Аби принципал не був зацікавлений вкладати кошти в оновлення ресурсу при найманні агента, величина \hat{z} із (9) не повинна перевищувати 0. З'ясуємо, при яких співвідношеннях параметрів це відбувається. Із (9) випливає

$$\begin{aligned} \hat{z} \leq 0 &\Leftrightarrow \frac{1}{\nu} \ln((b-1)p_0\nu) \leq 0 \Leftrightarrow (b-1)p_0\nu \leq 1; \\ \hat{z} \leq 0 &\Leftrightarrow \frac{1}{\nu} \geq (b-1)p_0. \end{aligned} \quad (16)$$

Інвестування в оновлення виявляється недоцільним, якщо тарифна надбавка є помірною, а інвестиції в оновлення використовуються недостатньо ефективні. В цьому випадку саме і спостерігається ситуація, коли принципал абсолютно не має клопоту з оновленням ресурсу, повністю передаючи турботу про його стан агенту, негативне ставлення якого до інвестування в оновлення ресурсу було доведено вище.

Таким чином, цілі агента можна вивести з пари умов:

$$\nu < -\frac{X}{a} \ln(b-1) \quad (17)$$

– принципалу вигідніше найняти агента,

$$\nu \leq \frac{1}{(b-1)p_0} \quad (18)$$

– принципалу вигідніше не інвестувати в оновлення ресурсу.

Об'єднуючи (14) і (18), отримуємо

$$\nu < \min\left(-\frac{X}{a} \ln(b-1); \frac{1}{(b-1)p_0}\right). \quad (19)$$

Із (19) випливають два висновки.

Оскільки $\nu > 0$, права частина також повинна бути додатною, що можливо за виконання двох умов: по-перше, $b > 1$, по-друге, $-\ln(b-1) > 0$, або $b < 2$. Тобто для виконання (19) змінна частина зарплати агента мусить знаходитися в межах

$$1 < b < 2. \quad (20)$$

Агент у спроможності тримати ситуацію під контролем, коли права частина (17), яка містить керовані їм параметри a і b , не є більшою за праву частину (19):

$$-\frac{X}{a} \ln(b-1) < \frac{1}{(b-1)p_0},$$

що з урахуванням (17), (20) (стимул найняти агента) означає

$$-Xp_0(b-1)\ln(b-1) < a < -\frac{X}{\nu} \ln(b-1). \quad (21)$$

Виразимо постійну частку зарплатні агента, як пропорцію від обсягу ресурсу: $a = \alpha X$. Тоді стратегія поведінки агента, спрямована на стимулювання принципала наймати його і не займатися самостійно оновленням ресурсу, повинна полягати, згідно (20), (21), у встановленні такої агентської зарплатні, за якої її змінна частка лежала би в інтервалі (1; 2), а постійна визначалася з таким розрахунком, щоб величина $-\frac{a}{\ln(b-1)}$ потрапляла в проміжок

$$Xp_0(b-1) < -\frac{a}{\ln(b-1)} < \frac{X}{\nu}, \quad (22)$$

або

$$p_0(b-1) < -\frac{\alpha}{\ln(b-1)} < \frac{1}{\nu}. \quad (22')$$

Очевидно, що значенням b можна взяти будь-яку величину, що відповідає умові:

$$b < 1 + \frac{1}{\max(p_0\nu; 1)}, \quad (23)$$

а α підібрати на підставі (22') та (23):

$$\alpha \in \left(-p_0(b-1)\ln(b-1); -\frac{\ln(b-1)}{\nu} \right). \quad (24)$$

Графік верхньої межі b ($\nu = 1, 2, \dots, 24$) наведено на рис. 2.

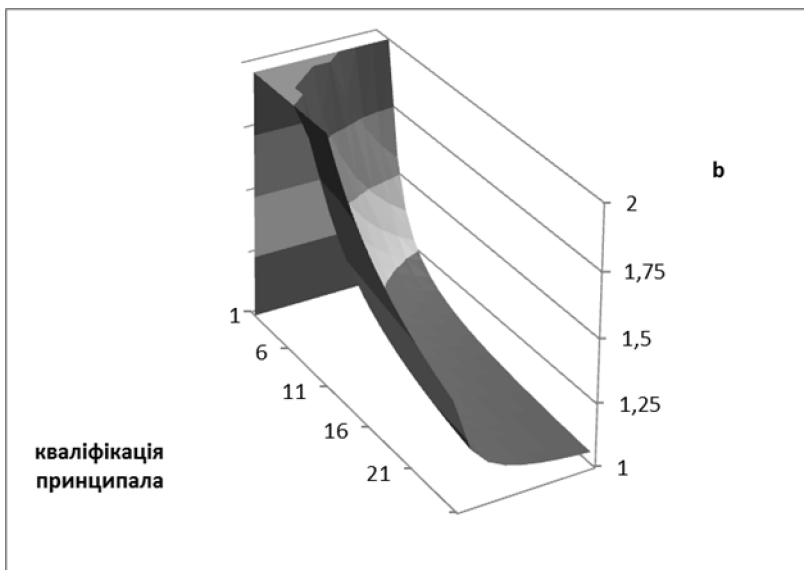
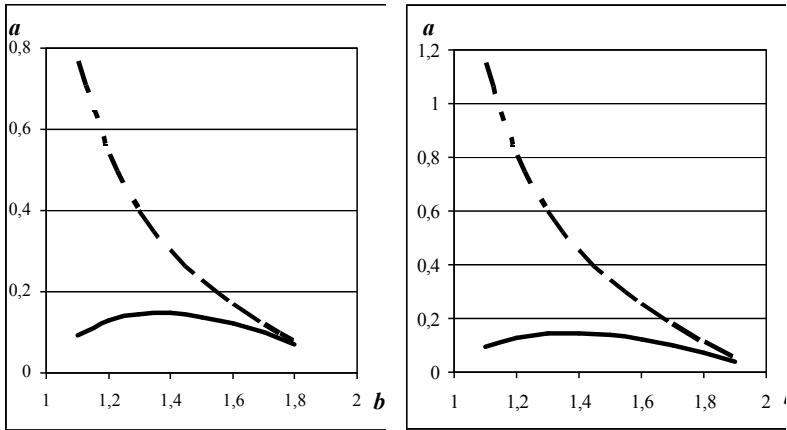


Рис. 2. Залежність верхньої межі змінної частки зарплатні агента від зносу ресурсу та кваліфікації принципала щодо його оновлення

З виразів (22) та (24) видно, що верхня межа постійної частки зарплатні агента за інших рівних умов експоненційно зростає при зменшенні її змінної частки (рис. 3), а також може встановлюватися пропорційно початковій вартості ресурсу.

Отже, за наявності дилем принципала: чи наймати агента задля використання ресурсу, що знаходиться у власності принципала, для отримання доходу, а також: чи інвестувати в оновлення цього ресурсу, виникає ситуація, коли агент може запропонувати принципалу такий взаємовигідний розподіл коштів, за якого, по-перше, принципалу вигідніше найняти агента, а не використовувати ресурс самостійно; по-друге, жодному із зазначених суб'єктів не має сенсу витратитися на підтримання ресурсу в належному стані.



а) випадок $p_0v < 1$

($p_0=0,4; v=2$)

б) випадок $p_0v > 1$

($p_0=0,4; v=3$)

Рис. 3. Залежність допустимих меж постійної частки зарплатні агента (а) від її змінної частки (б)

В результаті принципал передає агенту ресурс для використання, припускаючи на рівні здорового глузду, що агент мусить дбати про стан ресурсу задля підвищення віддачі останнього, тоді як агент вирішує, що погіршення продуктивності ресурсу йому вигідніше за витрату коштів на відновлення. Як наслідок, станом ресурсу не опікується ніхто, і він зношується швидше, ніж це можна було припустити.

У сферах економіки, де під ресурсом розуміються певне устаткування, механічні чи автоматичні засоби виробництва, окреслена ситуація хоча і пояснює певною мірою не надто активну інноваційну діяльність виробників, яких доводиться стимулювати додатковими перевагами на кшталт прискореної амортизації, але ще не уявляється такою вже і критичною. Проте, описана проблема є досить характерною, приміром, для системи страхових відносин, зокрема, страхування життя, де прискорення зносу ресурсу приймає більш драматичне значення. також можна зазначити, що подібні схеми внаслідок своєї універсальності зустрічаються у діяльності юридичних консультацій і бюрократичного управління (хоча, ці два приклади не мають безпосереднього відношення до економіки), при вирішенні дилем перерозподілу ресурсів між вироб-

ництвом товару та його рекламою і між вивченням товару та його купівлею, а також у найбільш близьких до моделі «принципал – агент» (і простих за своєю структурою) відносинах підлеглого та керівника, виконавця та замовника, платника податків і податківця і т. ін.

Цілковита формалізація зазначених поведінкових й оціночних характеристик, визначень параметрів ефективності дозволить прогнозувати небезпеку утворення подібних ситуацій у реальній економіці, а відтак, заздалегідь запобігати цьому процесу.

Список використаної літератури:

1. Соколовський Д. Підхід до визначення базових понять інституціонального дискурсу / Д. Соколовський // Научные труды ДонНТУ. Серия: Экономическая. – 2007. – Вып. 31-1 (117). – С. 87-93.
2. Норт Д., Інституції, інституційна зміна, функціонування економіки / Д. Норт. – К: Основи, 2000. – 200 с.
3. Стігліц Дж. Е. Економіка державного сектора / Дж. Е. Стігліц. – Київ, Основи. – 1998. – 854 с.
4. Stiglitz J. Principal and Agent / The New Palgrave: A Dictionary of Economics / J. Eatwell, M. Milgate and P. Newman (eds.). – London: Macmillan. – 1098 p.
5. Акерлоф Дж., Рынок «лимонов»: неопределённость качества и рыночный механизм / Дж. Акерлоф // THESIS, 1994. – Вып. 5. – С. 91-104.
6. Соколовський Д. Модель «ринкової омани» для одного агента / Д. Соколовський // Математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці: матеріали II Міжнародної науково-методичної конференції (Чернівці, 4-6 травня 2011 р.). – 2011. – ДрукАрт, 2011. – С. 275-276.

УПРАВЛІННЯ ІННОВАЦІЙНИМИ ПРОЦЕСАМИ ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ АПК НА ОСНОВІ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

В.О. Бабенко

м. Харків, Харківський національний аграрний університет
імені В.В. Докучаєва

Розвиток аграрного виробництва в усьому світі визначає першочерговим інноваційний розвиток сільського господарства, переробної та харчової галузей, які базуються на високотехнологічній глибинній переробці сільськогосподарської сировини та виробництві високоякісної конкурентоспроможної харчової продукції. У Законі України «Про пріоритетні напрямки розвитку науки й техніки» інноваційні та ресурсозбережні технології в агропромисловому комплексі (АПК) визначено одним із пріоритетних напрямків розвитку [1]. У Законі «Про пріоритетні напрямки інноваційної діяльності в Україні» задекларовано, що одним із стратегічних напрямків є високотехнологічний розвиток сільського господарства та переробної галузі, а середньостроковими напрямками - інноваційні технології глибокої переробки рослинної та тваринної продукції; сучасні технології зберігання сільськогосподарської продукції; матеріали, технології й устаткування для фасування, пакування та маркування продуктів харчування та напоїв; екологічно чисті харчові продукти та продукти з високими оздоровчими властивостями [2].

Особливе значення в рішенні поставлених питань приділяється переробним підприємствам АПК, оскільки вони не тільки формують бюджети всіх рівнів, випускають п'яту частину від усієї виробленої в Україні продукції, але й відповідають за продовольчу безпеку країни та суттєвим чином впливають на здоров'я її населення. Ефективний розв'язок пов'язаних із цими питаннями завдань неможливий без відповідного ефективного управління інноваційними процесами (ІІІ) переробних підприємств АПК, яке базується на комплексному дослідженні відповідних процесів та прийнятті управлінських рішень з урахуванням розробки та реалізації відповідних економіко-математичних моделей, методів і алгоритмів розв'язку задач

оптимізації управління **III** з використанням сучасних інформаційних технологій.

Проблемам підвищення економічної ефективності виробничої діяльності підприємств присвячені різні наукові розробки. Питанням економіко-математичного моделювання й оптимального управління в економіці присвячені дослідження таких учених як Бусленко Н.П., Вітлінського В.В., Волкової В.Н., Глушкова В.Н., Гранберга А.Г., Єр'оміна І.І., Канторовича Л.В., Лотова А.В., Мазурова В.Д., Макарова В.Л., Ногіна В.Д., Первозванського А.А., Пропоє А.И., Тер-Крикорова А.М., Федосєєва В.В., Черемних С.В., Чхартишвілі А.Г. та інших.

Із праць зарубіжних учених можна виділити роботи Беллмана Р., Гейла Д., Калаби Р., Карліна С., Кастеллані К., Кинга У., Клейнрока Л., Монгерштерна О., Тахи Х., Томаса Р., Феллера В. і ряду інших авторів. Роботи Альбрехта Е.Г., Гольдштейна С.Л., Зайнашева Н.К., Лагоши Б.А., Ляліна В.Є., Малишевої Л.О., Попова Є.В., Татаркіна А.А., Хрустальова Є.Ю., Ширяєва В.І., Шорікова А.Ф. і ін. присвячені методам оптимізації управління **III**.

Багатоаспектним дослідженням з питань економіко-математичного моделювання в аграрній економіці України найбільша увага приділялась: Аніциним Л.М., Браславцем М.Є., Кадієвським В.А., Ковальським В.С., Кузубовим М.В., Осташко Т.О., Скіртою Б.К., Сохничем А.Я., Сидорчуком О.В., Сявавком М.С., Точиліним В.О., Ульянченком О.В., Цюпком С.В., Чепурком В.В. та ін. Проте, залишається невирішеною проблема розробки математичних методів і моделей процесів інноваційного відновлення й їх управління вітчизняним аграрним виробництвом, яке являє собою складну, відкриту, здатну до самоорганізації та саморозвитку економічну систему з динамічно змінюваними недетермінованими та суперечливими характеристиками.

В зв'язку в вищевказанім, можливо зформулювати наступну мету дослідження: розробка економіко-математичної моделі оптимізації управління інноваційними процесами переробних підприємств АПК в умовах невизначеності економічних умов і середовища, а також обумовленого цим ризику.

Сучасні реалії вимагають від переробних підприємств

АПК України вирішення нових завдань по вдосконалюванню їх інноваційної діяльності на основі раціонального управління **III** з використанням відповідних економіко-математичних моделей [3]. Враховуючи це, управління **III** переробних підприємств АПК на основі економіко-математичного моделювання є важливою науковою проблемою та потребує подальшого дослідження. Дослідивши поняття «управління» [4-6], можна зробити висновок, що під управлінням розуміється сам процес або сукупність дій господарюючого суб'єкта по встановленню цілей і завдань його функціонування, а також формування послідовності дій, що забезпечують досягнення поставлених цілей. Під **III** мають на увазі результат інноваційної діяльності, спрямованої для випуску інноваційної продукції, застосування інноваційної технології або надання інноваційних послуг. Слід зазначити, що весь процес управління інноваційною діяльністю підприємства базується на реалізації обраних **III**, що визначають більшою мірою всі основні результати та показники діяльності підприємства.

III підприємств АПК відносяться до таких основних напрямків:

- впровадження нових технологічних процесів виробництва сільгосппродукції;
- впровадження нових способів управління виробництвом;
- впровадження в практику виробництва нових сільгоспкультур;
- впровадження нових технологій переробки сільгосппродукції;
- впровадження нових технологій зберігання та транспортування сільгосппродукції й ін.

У сучасних економічних умовах будь-яке агропромислове підприємство, у т.ч. і по переробці сільськогосподарської продукції, змушене за допомогою управління пристосовувати свої ресурсні можливості до зовнішніх і внутрішніх умов, враховуючи ризики, пов'язані з нестабільністю й ускладненням соціально-економічних умов внутрішнього та зовнішнього ринків. Крім того, необхідно враховувати специфіку сільськогосподарського виробництва, основними ознаками якого є його галузева спрямованість, що призводить до появи «аграрних» ризиків [7].

Якщо для промислових галузей найбільш серйозними порушеннями виробничого процесу, зокрема, є поломки машин і встаткування, то особливостями прояву «аграрних» ризиків є зміни в процесах органогенезу (росту та розвитку рослин) у рослинництві. Це приводить до пошкодження та загибелі сільськогосподарських культур і, як наслідок, до недобору врожаю, хворобам і загибелі тварин у тваринництві.

У якості основного джерела ризиків у сільськогосподарському виробництві виступають природно-кліматичні умови та погодні коливання, що приводять до втрати продукції. Необхідно також урахувати, що в ряді випадків сільськогосподарська сировина є в основному швидкокопсувним продуктом, а також таким, який швидко втрачає свої корисні живильні властивості, що також необхідно враховувати при його виробництві, транспортуванні та зберіганні. Ці й інші фактори, пов'язані з особливостями функціонування переробних підприємств АПК, також обумовлюють необхідність застосування III при випуску продукції й оптимізації його управління в умовах ризику та невизначеності, що необхідно враховувати при процедурі моделювання відповідних процесів.

Що стосується процесу моделювання як для теорії математичного моделювання, так і для основних сфер його застосувань, то для нього характерний одноразовий, однокроковий вибір рішення (наприклад, розподіл програми випуску потрібної продукції між декількома виробничими ділянками, визначення найкращого плану перевезень, розрахунки різного роду мереж, планування розміщення підприємств і т.д.). Відзначимо, що такі моделі та задачі є статичними задачами умовної оптимізації.

Однак, як тільки виникають питання розвитку системи, управління системою протягом певного періоду часу, однокроковий розв'язок виявляється непридатним для рішення більшості реальних практичних завдань економіки. У таких завданнях рішення необхідно приймати на кілька кроків уперед за часом, і задача оптимізації стає багатокроковою, тобто динамічною. Відзначимо, що до задач такого роду відносяться, наприклад, задачі управління III, перспективного й оперативного планування, управління технологічними процесами на підприємстві, складання програм розвитку різних систем, розрахунки багато-

ступінчатих технологічних комплексів і т.ін.

Необхідно також враховувати, що в економіці багато явищ мають дискретний характер, оскільки на практиці найчастіше інформація про стан системи та процесів, які реалізуються в ній, а також прийняття рішень здійснюються в дискретні моменти часу, тобто по кроках, тому будемо розглядати дискретну економіко-математичну модель досліджуемого процесу [8].

У підсумку, рівняння динаміки економічної системи часто з самого початку формулюються в багатокроковому вигляді. Час у таких моделях виражається кінцевим рядом дискретних числових значень із заданими: початковим моментом t_0 ; проміжком між двома будь-якими сусідніми моментами часу, рівним τ , і кінцевим моментом часу T . Причому звичайно вважаються: $t_0=0$, $\tau=1$. У цьому випадку, для опису розглянутої системи (об'єкта) використовують *багатокрокові (рекурентні) рівняння*.

З урахуванням вищесказаного та базуючись на концептуальних положеннях і принципах математичного моделювання та теорії оптимального управління, перейдемо до розробки економіко-математичної моделі процесу управління **III** переробних підприємств АПК. Сформулюємо змістовну постановку: переробне підприємство сільськогосподарського профілю здійснює перехід на випуск продукції на основі **III**. Технологічний процес містить у собі різні види виробничих факторів, сировини, проміжних і кінцевих продуктів і може складатися з певних технологічних способів організації виробництва. Необхідно здійснити оптимальне управління на заданому тимчасовому проміжку T вибором пропонованих (можливих) **III** так, щоб загальний обсяг прибутку від випуску продукції на підприємстві був максимальним.

Перейдемо до формальної постановки задачі та розбудуємо її за декілька етапів.

1. Формування економіко-математичної моделі управління **III переробних підприємств АПК.** Пропонується процес управління **III** переробного підприємства описувати векторним дискретним (рекурентним) рівнянням:

$$x(t+1) = A(t)x(t) + B(t)u(t) + C(t)v(t), \quad x(0) = x_0, \quad (1)$$

де $t \in \overline{0, T-1} = \{0, 1, 2, \dots, T-1\}$ - період часу (наприклад, місяць, квартал, рік), у якому здійснюється вибір управління; $\overline{0, T}$ -

заданий проміжок часу ($T > 0$ та цілочислове).

Позначимо через $x(t+1)$ вектор об'ємів продукції на підприємстві до кінця періоду $t+1$ (запаси в період $t+1$). Ця величина визначається наступними складовими:

- *Залишки нереалізованої продукції* в період $t+1$ (якщо на початку періоду $t+1$ на підприємстві були запаси в кількості $x(t)$, то до кінця цього періоду зостанеться їх нереалізована частина, рівна $A(t)x(t)$),

де $x(t) = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t))' \in \mathbf{R}^n$ – вектор, що характеризує стан системи в період часу t (вектор запасів продукції в період t ($t \in \overline{0, T-1}$), в якого кожна i -та координата $x_i(t)$ є значення об'єму продукції i -го виду $i \in \overline{1, n}$ (n – загальна кількість видів продукції, що випускається)), \mathbf{R}^n – n -мірний векторний простір векторів-стовпців;

$A(t) = \|a_{ii}(t)\|_{i \in \overline{1, n}}$ – є діагональна матриця, що характеризує реалізацію продукції (матриця «реалізації») за період часу $t, t+1$.

- *Виготовлена продукція* в період $t+1$ (вектор $B(t)u(t)$), де:

$u(t) \in \mathbf{R}^p$ – вектор управління ІІІ (вектор інноваційного управління), компоненти якого є інтенсивності використання j -го технологічного способу виробництва в період часу t ; $p \in \mathbf{N}$; $\forall t \in \overline{0, T-1} u(t) \in U_1$ – кінцева множина в \mathbf{R}^p ;

$B(t)$ – «технологічна матриця» виробництва; кожний j -ий спосіб організації виробництва ($j \in \overline{1, p}$) в період часу t ($t \in \overline{0, T-1}$) характеризується вектором $(b_{1j}(t), b_{2j}(t), \dots, b_{nj}(t))$ норм затрат ресурсів для виготовлення одиничного об'єму виробництва продукції i -го виду ($i \in \overline{1, n}$).

- *Доданок, який ураховує вплив перешкод*: ризиків, невизначеності, погрішності моделювання на продукцію в період $t+1$ (вектор $C(t)v(t)$), де:

$v(t) \in \mathbf{R}^q$ – вектор перешкоди (ризика, невизначеності або погрішності моделювання процесу), що впливає на випуск та зберігання продукції, тобто на процес формування вектора

$x(t+1)$; $q \in \mathbf{N}$. Наприклад, інвестиційні виплати (або їх недоотримання), недопоставки комплектуючих матеріалів, псування сільськогосподарської продукції при зберіганні або транспортуванні, невідповідність вимог до якості сировини або готової продукції обсяги інвестицій й ін.; $\forall t \in \overline{0, T-1}$ $v(t) \in V_1$ – опуклий, замкнений та обмежений багатогранник в \mathbf{R}^q ;

$C(t) = \|c_{il}(t)\|_{i \in \overline{1, n}, l \in \overline{1, q}}$ – матриця, що складається з коефіцієнтів перерахування впливу вектора перешкоди на продукцію кожного виду;

$A(t)$, $B(t)$, $C(t)$ – матриці розмірностей $(n \times n)$, $(n \times p)$ і $(n \times q)$, відповідно, формуються на основі попередньої інформації з документів звітності підприємства, наявних статистичних даних про розглянутий процес, технічних і економічних прогнозів і ін. джерел шляхом застосування методів оцінювання даних і рішенням окремої задачі ідентифікації параметрів досліджуємої системи.

2. Формування обмежень для процесу управління III переробних підприємств АПК.

Уведені вище вектор $u(t) = (u_1(t), u_2(t), \dots, u_p(t))' \in \mathbf{R}^p$ інноваційного управління в системі (1) і вектор $v(t) = (v_1(t), v_2(t), \dots, v_q(t))' \in \mathbf{R}^q$ перешкоди такі, що кожна пара $(u(t), v(t))$ повинна задовольняти наступному заданому обмеженню:

$$(u(t), v(t)) \in UV(t) = \{(u(t), v(t)) : u(t) \in \mathbf{R}^p, v(t) \in \mathbf{R}^q, S_{\min}(t) \leq \langle B(t)u(t) \rangle_n \leq S_{\max}(t), K_{\min}(t) \leq \langle C(t)v(t) \rangle_n \leq K_{\max}(t)\}, \quad (2)$$

де $S_{\min}(t) = (S_{\min 1}(t), S_{\min 2}(t), \dots, S_{\min n}(t))' \in \mathbf{R}^n$ – вектор мінімально прийняттого обсягу виробництва продукції, у якого кожна i -та координата $S_{\min i}(t)$ є значення мінімального прийняттого обсягу виробництва продукції i -го виду ($i \in \overline{1, n}$) (наприклад, точка беззбитковості для кожного виду продукції); $S_{\max}(t) = (S_{\max 1}(t), S_{\max 2}(t), \dots, S_{\max n}(t))' \in \mathbf{R}^n$ – вектор верхньої межі випуску продукції, у якого кожна i -та координата є значення максимально прийняттого обсягу виробництва продукції i -го виду ($i \in \overline{1, n}$) (наприклад, максимальна ємність ринку по кож-

ному найменуванню продукції, максимальна потужність виробництва й ін.). $K_{\min}(t) = (K_{\min 1}(t), K_{\min 2}(t), \dots, K_{\min n}(t))$ та $K_{\max}(t) = (K_{\max 1}(t), K_{\max 2}(t), \dots, K_{\max n}(t))$ - вектори найменших та найбільших значень впливу вектора перешкод на випуск продукції кожного виду [9].

При цьому для всіх $t \in \overline{0, T-1}$ повинні також виконуватися наступні задані обмеження:

$$\begin{cases} x_i(t) \geq 0 & (i \in \overline{1, n}), \\ u_j(t) \geq 0 & (j \in \overline{1, p}), \\ v_l(t) \geq 0 & (l \in \overline{1, q}). \end{cases} \quad (3)$$

Відзначимо, що в процесі управління III підприємства облік обмежень (2), (3) є необхідною умовою, якій повинні задовольняти параметри станів системи, породжених реалізаціями оптимальних управлінських впливів у дискретній динамічній системі (1).

3. Формування критеріїв якості для оцінки реалізацій процесу управління III переробних підприємств АПК. Якість процесу управління системою (1) на цілочисловому проміжку часу $\overline{0, T}$, зокрема, оцінюється функціоналом $\Phi(u(\cdot))$, значення якого для фіксованого інноваційного управління $u(\cdot) \in U(\overline{0, T})$ обчислюються за формулою:

$$\begin{aligned} \Phi(u(\cdot)) &= \max_{v(\cdot) \in V(\overline{0, T})} \gamma(x_{\overline{0, T}}(T; x_0, u(\cdot), v(\cdot))) = \\ &= \max_{x(T) \in G_{\overline{0, T}}^+(T; x_0, u(\cdot), V(\overline{0, T}))} \gamma(x(T)), \end{aligned} \quad (5)$$

де $\gamma: \mathbf{R}^n \rightarrow \mathbf{R}^1$ є функціонал, визначений на фінальних векторах стану системи (1), який оцінює якість управління III.

Необхідно розглянути види функціонала γ :

1) лінійний вид функціонала.

Нехай $\gamma(x(T)) = \langle c, x(T) \rangle_n$ - скалярний добуток вектора $x(t) \in \mathbf{R}^n$, відповідний фіксованому вектору $c(t) \in \mathbf{R}^n$, тоді якщо в якості вектора $c(t) = \{c_1(t), c_2(t), \dots, c_n(t)\} \in \mathbf{R}^n$ взяти вектор цін на продукцію одиничного об'єму кожного виду, то критерієм оптимізації буде максимум загального об'єму валового прибутку від реалізації продукції підприємства в період часу t

$(t \in \overline{0, T-1})$;

2) нелінійний вид функціонала.

Нехай $\gamma(x(T))$ – опукла функція $\forall x \in \mathbf{R}^n$, тобто опуклий функціонал. Цей випадок доцільно розглядати в задачах планування, коли задане фіксоване замовлення на об'єм виробленої продукції та необхідно максимально «наблизитися» до заданого об'єму. У цьому випадку розглядається евклідова відстань (проводиться операція нормування), яка є опуклою функцією.

4. Постановка задачі оптимізації програмного управління ІІІ переробних підприємств АПК.

Процес прийняття рішень в умовах невизначеності економічних умов і середовища, а також обумовленого цим ризику приводить до необхідності вирішувати задачу про найкращий вибір в умовах неповної інформації про розглянуту систему. Типовою ситуацією, пов'язаною з ухваленням рішення в динамічних системах, є необхідність організувати процедуру прогнозованого (*програмного*) управління в умовах ризику та невизначеності. Дану процедуру, направлену на досягнення тієї або іншої цілі управління, часто буває необхідно супроводжувати процесом оптимізації, що дозволяють отримати *гарантований*, найкращий або прийнятний у деякому сенсі результат, тобто використати мінімакний підхід [10]. Нехай $U(\overline{0, T}) = \left\{ u(\cdot) : u(\cdot) = \{u(t)\}_{t \in \overline{0, T-1}}, \forall t \in \overline{0, T-1}, u(t) \in U_1 \right\}$ – є множина всіх можливих програмних інноваційних управлінь на цілочисловому проміжку часу $\overline{0, T}$, $V(\overline{0, T}) = \left\{ v(\cdot) : v(\cdot) = \{v(t)\}_{t \in \overline{0, T-1}}, \forall t \in \overline{0, T-1}, v(t) \in V_1 \right\}$ – є множина всіх припустимих реалізацій перешкод на проміжку $\overline{0, T}$.

Тоді для фіксованих припустимих реалізацій програмного інноваційного управління $u(\cdot) \in U(\overline{0, T})$ та перешкоди $v(\cdot) \in V(\overline{0, T})$, нехай $x_{\overline{0, T}}(T; x_0, u(\cdot), v(\cdot))$ – фінальний стан (стан у момент часу T) траєкторії процесу, породженою системою (1), відповідний до пари $(u(\cdot), v(\cdot))$ [11]. Нехай

$$G_{0,T}^+(T; x_0, u(\cdot), V(0, T)) = \{x(T) : x(T) \in \mathbf{R}^n, \\ x(T) = x_{0,T}^-(T; x_0, u(\cdot), v(\cdot)), v(\cdot) \in V(0, T)\} \quad (4)$$

є область досяжності [12] системи (1), тобто множина всіх припустимих фінальних станів цієї системи, що відповідає фіксованому програмному інноваційному управлінню $u(\cdot) \in U(0, T)$.

Маємо задачу програмного мінімаксного управління **III**: потрібно знайти оптимальне мінімаксне програмне інноваційне управління $u^{(e)}(\cdot) \in U(0, T)$, що задовольняє умові (мінімакса):

$$\begin{aligned} \Phi^{(e)} &= \Phi(u^{(e)}(\cdot)) = \max_{v(\cdot) \in V(0, T)} \gamma(x_{0,T}^-(T; x_0, u^{(e)}(\cdot), v(\cdot))) = \\ &= \min_{u(\cdot) \in U(0, T)} \max_{v(\cdot) \in V(0, T)} \gamma(x_{0,T}^-(T; x_0, u(\cdot), v(\cdot))) = \\ &= \max_{x(T) \in G_{0,T}^+(T; x_0, u^{(e)}(\cdot), V(0, T))} \gamma(x(T)) = \quad (6) \\ &= \min_{u(\cdot) \in U(0, T)} \max_{x(T) \in G_{0,T}^+(T; x_0, u(\cdot), V(0, T))} \gamma(x(T)), \end{aligned}$$

де $\Phi^{(e)} = \Phi(u^{(e)}(\cdot))$ – оптимальний мінімаксний результат рішення задачі.

Таким чином, сформовані співвідношення (1)–(6) є економіко-математичною моделлю сформульованої вище задачі. Відзначимо, що ця система дозволяє моделювати динаміку багатокрокового процесу управління **III** переробного підприємства АПК залежно від заданих початкових умов і вибору конкретних реалізацій управлінських впливів.

Відзначимо, що розв'язок задачі управління **III** переробних підприємств АПК зводиться до реалізації рішень кінцевого числа задач лінійного й опуклого математичного програмування, а також задачі дискретної оптимізації. У якості критерію ефективності оптимізації управління **III** підприємства може виступати загальний обсяг його прибутку.

Моделювання процесів управління **III** переробних підприємств АПК, їх аналіз і наступне вдосконалювання з метою оптимізації управління **III** – основний резерв для підвищення конкурентоспроможності й ефективності його роботи. Необхідно також мати інструментальні засоби, що дозволяють збирати й обробляти найбільш повну та достовірну інформацію про

діяльність усіх підрозділів агропромислового підприємства в рамках пропонованої єдиної методології.

На базі пропонованої економіко-математичної моделі оптимізації управління **III** переробних підприємств АПК можливі рішення задачі формування оптимальної виробничої програми з використанням **III** та цінової політики конкретного підприємства по переробці сільськогосподарської продукції на основі оптимального управління **III**. Пропонована схема дозволяє розробляти ефективні чисельні методи, що дозволяють реалізувати комп'ютерне моделювання розв'язку задачі управління **III** переробних підприємств АПК та створення комп'ютерної інформаційної системи підтримки прийняття управлінських рішень.

Список використаної літератури:

1. Закон України «Про внесення змін до Закону України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки» від 09.09.2010 № 2519-VI / Відомості Верховної Ради України від 28.01.2011 2011 р., № 4, стор. 123, стаття 23.
2. Закон України «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні» 08.09.2011 № 3715-VI / Голос України від 01.10.2011 № 183.
3. Витлинский В.В. Моделирование и управление инновационными технологиями на предприятиях АПК / В.В. Витлинский, В.А. Бабенко - Анализ, моделирование, управление, развитие экономических систем: сборник научных трудов VI Международной школы-симпозиума АМУР-2012, Севастополь, 17-23 сентября 2012 / отв. ред. М.Ю. Куссый, А.В. Сигал. – Симферополь: ТНУ им. В.И.Вернадского, 2012. – 387 с. - С. 79-83.
4. Деловой мир. Словарь-справочник предпринимателя / под ред. Л.В. Балдина, А.А. Чичановского. – М.: Изд.-произв. Фирма «Зевс», 1992. – 293 с.
5. Зайцев Н. А. Экономика организации / Н. А. Зайцев. - М.: Экзамен, 2000. – 768 с.
6. Кинг У. Стратегическое планирование и хозяйственная политика / Кинг У., Клиланд Д. [пер с англ.] – М.: Прогресс, 1993. – 400 с.
7. Бабенко В.А. Теоретические аспекты и методические под-

ходы к оценке влияния природных рисков на производство сельскохозяйственной продукции // Збірник наукових праць Таврійського державного агротехнологічного університету (економічні науки). - №3 (11). Мелітополь, 2010. – С. 62-69.

8. Пропой А.И. Элементы теории оптимальных дискретных процессов / А.И. Пропой. - М.: Наука, 1973. – 255 с.

9. Бабенко В.А. Методика экономико-математического моделирования оптимизации управления инновационными процессами на предприятиях АПК // Modeling and Analysis of Safety and Risk in Complex Systems / Proceedings of the Ninth International Scientific School MASR – 2011 (Saint-Petersburg, Russia, June, 28 – July 02, 2011) / SPb.: SUAI, SPb., 2011. - 426 p. – P. 231 – 236.

10.Моргенштерн О. Теория игр и экономическое поведение / О. Моргенштерн, Дж. Нейман. - М.: Наука, 1970. – 708 с.

11.Лотов А.В. Введение в экономико-математическое моделирование / А.В. Лотов. - М.: Наука, 1984. – 392 с.

12.Шориков А.Ф. Минимаксное оценивание и управление в дискретных динамических системах / А.Ф. Шориков. - Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 1997. - 242 с.

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ СТАДНЫМ ПОВЕДЕНИЕМ В ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

С.С. Турлакова

г. Донецк, Институт экономики промышленности
Национальной академии наук Украины

Поведение человека в коллективе или группе существенно отличается от поведения человека в одиночку. Ученые описывают феномен, состоящий в том, что члены идеологически сплоченной группы «подгоняют» свои мысли и выводы под то, что в группе принято считать консенсусом. Так, в коллективе (например, предприятия) в процессе принятия решений агенты, которые принимают решения позднее, учитывают информацию о том, какие решения уже приняты и часто усредняют свои решения, склоняя их в сторону ранее принятых. Экономические агенты принимают решения, основанные не только на фактах, а на влиянии, авторитете или приверженности к тому или иному решению кого-либо из членов этой группы. Действительно, принимая решение, например, на совещании сотрудник, оглашая его, посылает окружающим сигнал о своей квалификации. Действия агентов, которые принимают «правильные» решения, должны быть одинаковы. Для того, кто действует в противоход мнению основной массы сотрудников, велика вероятность того, что его признают агентом с низкой квалификацией. Кроме того, плохая квалификация агента, принявшего «неверное» решение, выявляется только в том случае, если он был оригинален. Если же он действовал как все, то его профнепригодность остается незамеченной. Результатом таких проявлений на предприятиях является то, что агенты управления выходя с совещаний и коллективного обсуждения проблем оказываются едины в своих оценках и восприятии того, чему были свидетелями и в чем участвовали [1].

Аналогичные проявления в поведении могут наблюдаться в действиях аналитиков. Аналитики, делающие прогноз или дающих оценку первыми, влияют на тех, кто делает это позднее, из-за чего наблюдается тенденция усреднять рекомендации у последних. При этом менее опытные аналитики

меньше отклоняются от консенсуса, чем более опытные. По этой причине риск потери работы в результате плохого прогноза для неопытного аналитика выше. Кроме того такое поведение связано еще и с тем, что никто из аналитиков не хочет быть первым провозвестником плохих новостей (например, негативного прогноза по компании), так как это может настроить против него менеджмент. Здесь можно проследить аналогию с короткими продажами переоцененных акций. Менеджеры знают, что когда-то рынок упадет, однако не принимают решения о продаже акций, действуя «как все», т.к. уверены, что их могут уволить быстрее, чем выяснится, правы ли они в случае принятия решения о продаже ценных бумаг. Таким образом, экономические агенты выбирают стратегию подражания в процессе принятия решений [2].

Аналогично в процессе принятия решения иностранным инвестором о приходе на рынок его выбор происходит на основании использования знаний о преимуществах первопроходцев. При этом критическая масса предыдущих инвестиций действует как сигнал для инвестора о принятии решения по приходу на конкретный рынок. Подражание в поведение индивидов в финансовой сфере, в частности, в процессе принятия решений на рынках инвестиций, «выражает свойство массовых инвестиционных процессов, когда все ориентируются друг на друга и одновременно покупают и продают одни и те же активы» [3]. Еще одним ярким примером такого поведения экономических агентов в процессе принятия решений являются набеги вкладчиков на банки в момент появления слухов об их неустойчивости с целью достижения банкротства банка и его дальнейшего рейдерского захвата. Информация о возможном банкротстве банка выступает стимулом для принятия решения вкладчиками о срочном снятии денег со счетов. Решение о досрочном снятии денег агентами в таких случаях подтверждаются массовостью явления и невозможностью гарантировать финучреждением выплаты денег всем клиентам банка в случае подтверждения его банкротства. При этом решение о том, забирать деньги или нет агентам необходимо принимать в кратчайшие сроки – кто первый снимет деньги со счета, тот гарантированно не будет проигравшим. Здесь информационная недостаточность и ограниченность времени принятия решения

способствует выбору экономическими агентами тактики подражания в процессе принятия решения о снятии денег.

Приведенные выше примеры экономических ситуаций подтверждают наличие проявлений стадного поведения в экономических системах, когда в процессе принятия решений агенты выбирают тактику подражания в поведении. Такие проявления связаны с проявлением иррациональности в поведении экономических агентов. Теорию ограниченной рациональности впервые предложил Г. Саймон [4]. Согласно теории люди не ведут себя полностью рационально в силу ряда причин. Во-первых, счетные и познавательные способности любого человека ограничены. Сбор и обработка информации, а также само принятие решений отнимает у людей много сил, так что они часто не в состоянии вести себя согласно принципам оптимизирующего поведения. Во-вторых, часто информации может быть слишком много или же она может быть слишком сложной. В обоих случаях человеку не удастся собрать и/или обработать ее таким образом, чтобы принять полностью рациональное решение. Возможна также нехватка информации, т.е. ситуация неопределенности будущего, когда необходимая информация либо существует, но не может быть по каким-либо причинам получена данным индивидом, либо просто отсутствует, поскольку просто еще не создана. Поэтому люди, согласно Г. Саймону [4], ориентируются не на оптимальный, а на «удовлетворительный» результат. После нахождения первого «удовлетворительного» варианта поиск прочих вариантов прекращается, а значит, оптимизации не происходит. Так, теория Г. Саймона указывает на важность ограниченности счетных и познавательных способностей людей и наличие внешних информационно-ограничений. Аналогично Г. Саймону в [5] нобелевский лауреат М. Алле поставил под сомнение тот факт, что на практике в процессе принятия решений субъекты всегда руководствуются рациональными мотивами поведения. Парадокс М. Алле явился плацдармом для развития теории перспектив, предложенной Д. Канеманом и А. Тверски [6], которая опирается на факты отклонения поведения ЛПР от постулата рациональности. Основная идея теории перспектив заключается в том, что функция ценности Д. Канемана и А. Тверски определяется не в денежных единицах, а в уровне отклонения

от первоначального материального состояния индивида. Таким образом, использование значений ценности перспективы при описании принятия решений в условиях неопределенности определяет, что полезность может быть относительной величиной (относительно какой-либо точки отсчета). Таким образом, Д. Канеман и А. Тверски делают акцент на иррациональности в поведении ЛПР в процессе принятия решений. Иррациональность, связанная с проявлениями некомпетентности, нежеланием обосновывать решения, недостаточной информированностью экономических агентов является причиной возможного проявления стадного поведения субъектов в процессе принятия решений в экономических системах.

С универсальной тенденцией или склонностью к объединению людей в группы отождествляется стадность. Разбирая механизм стадного инстинкта авторы [7] авторы объясняют его на примере детей. Если человек (ребенок) не знает что правильно, а что нет, он обучается за счет копирования/подражания тем, чье поведение для него является правильным. Если нет возможности отфильтровать «правильное/неправильное» поведение, то человек просто напрямую копирует любого, кто на него похож физически. Такое копирование осуществляется только в тех случаях, когда у него нет каких-либо стратегий поведения, нет предсказаний для конкретной ситуации, либо любые его предсказания кажутся ему слишком маловероятными, а, следовательно, угрожающими выживанию. Именно это лежит в основе «стадного инстинкта» человека. В психологическом аспекте стадность рассматривается как «тенденция желать человеком своей принадлежности к группам или получать удовлетворение от групповой активности или групповой работы». Толковые словари дают следующее определение стадности – это «полная, бессознательная подчиненность индивидуального поведения примеру толпы». В [8] Н.М. Амосов отмечает, что «стадность человека выражена целым набором потребностей – чувств и действий, замыкающихся на других людей: общаться, самоутверждаться, догонять передового, подражать, подчиняться и верить лидеру, принадлежать к группе». Стадное поведение не является чисто психологическим явлением, в котором взаимодействия сводятся к простой имитации и подражанию. Это особый тип социальной связи, который пребывает

в латентном состоянии, но готов актуализироваться при благоприятных обстоятельствах.

В целом можно отметить, что основной особенностью проявления стадного поведения в экономических системах является подражание в поведении субъектов, которые в процессе принятия решений руководствуются иррациональными мотивами. Подражание выражается в принятии решений аналогично некоторому лидеру и/или большинству других подобных субъектов. При этом иррациональность субъектов проявляется в принятии решений, противоречащим их прямой выгоде и/или собственным интенциям (намерениям). Проведенный выше анализ экономических ситуаций, в которых проявляется стадное поведение, подтверждает, что процесс принятия решений агентами напрямую зависит от информированности субъектов, их компетентности относительно предметной области, где наблюдается стадное поведение, а также внутренних (намерения ЛПР) и внешних (институциональные нормы, обычаи) интенций. Кроме того, важными являются полнота и достоверность информации, которой располагают субъекты. Итак, под стадным поведением в настоящем исследовании будем понимать стратегию принятия решений агентами управления, которая не основана на рациональных суждениях, а ориентирована на подражание более авторитетным и/или другим субъектам принятия решений в процессе последовательного принятия решений агентами. Выделенные иррациональные составляющие процесса принятия решений агентами, наличие связанных с ними проявлений стадного поведения в различных экономических системах и сформированного выше определения стадного поведения позволяют выдвинуть ряд гипотез об эффективном использовании знаний о стадном поведении экономических агентов в процессе принятия решений. В том числе: о выявлении предпосылок (факторов и причин) возникновения стадного поведения у субъекта и объекта управления; воздействии на информационную структуру ситуации в процессе принятия решений с целью того, чтобы субъект принимал решения стадно; о извлечении экономической выгоды в результате принятия «нужных» решений в процессе проявлений стадного поведения агентами в экономических системах; о безопасности принятия решений агентами управления (неподверженность стадности).

Отличительной особенностью социально-экономических систем является то, что составляющие их элементы (человек, группа, коллектив и т.д.), в отличие от элементов технических систем, обладают активностью – способностью к целенаправленному поведению, то есть к выбору действий в соответствии с собственными предпочтениями и интересами [9]. В случае выявления предпосылок возникновения стадного поведения у агентов необходимым является управление стадностью для обеспечения эффективности функционирования экономических систем. Под управлением в рамках настоящей работы будем понимать целенаправленное воздействие на объект управления с целью получения определенного результата. Следовательно, при выборе управляющих воздействий необходимо предсказывать возможные реакции управляемых субъектов и использовать такие механизмы принятия управленческих решений, которые позволяли бы максимально эффективно управлять проявлениями стадного поведения в экономических системах в интересах управляющего органа.

Среди общепринятых методологических подходов к управлению для изучения процессов управления стадным поведением исследователи применяют психологический и информационный подходы. Основным механизмом управления в рамках подходов является задание информационными сообщениями в различной форме нужного вектора действий агентов в процессе принятия решений и проявлений стадного поведения. Таким образом, процесс управления стадным поведением агентов в рамках информационного и психологического подходов в основном ориентирован на когнитивные особенности восприятия агентами окружающего мира и использует психологические особенности агентов. Аналогичные инструменты использует рефлексивный подход к управлению. Так, в [10] В.А. Лефевр под рефлексивным управлением понимает «процесс передачи оснований для принятия решения одним из персонажей другому». Основой рефлексивного управления является информационное воздействие на субъекта принятия решений. Классически задачей рефлексивного управления является «формирование управляющим органом – центром – такой структуры информированности агентов, при которой субъективным равновесием является требуемый для центра (или максимально

для него выгодный) вектор действий агентов». Действительно, Дж. Сорос и его последователи в своих работах описывают механизмы манипулирования биржевыми игроками со стороны лиц, владеющими информационными средствами, и способы воздействия на процессы принятия решений участниками биржевых игр. Еще одним примером рефлексивного управления стадностью является информационное управление стадным поведением потребителей в сигнальной теории М. Спенса [11]. Основной идеей сигнальной теории является то, что некоторые экономические действия агентов на рынке могут интерпретироваться как сигналы для принятия конкретного потребительского решения. Применение сигнальной теории на потребительских рынках может вызывать стадное поведение, которое проявляется в выборе потребителями именно того товара, о котором послан сигнал.

Итак, применение рефлексивного подхода к управлению стадным поведением для достижения целенаправленного состояния экономической системы возможно. Рассматривая управление стадным поведением с точки зрения рефлексивного подхода, целью субъекта управления можно определить создание для агентов управления такой структуры информированности агентов, при которой они вынуждены будут выбрать тактику подражания в поведении. Так, при наличии информационного стимула для принятия решения агентами, изначально проводя рефлексивное управление лидерами и/или наиболее авторитетными агентами управления, субъект управления может добиться максимального результата управления. Результат управляющего воздействия будет выражаться множеством агентов, принявших выгодное субъекту управления решения. При этом, субъект управления для осуществления управляющего воздействия применяет минимум усилий (затрат) для воздействия на ограниченное число агентов (лидеров).

Таким образом, выделенные иррациональные составляющие процесса принятия решений агентами, наличие связанных с ними проявлений стадного поведения в различных экономических системах и сформированного выше определения «стадного поведения» позволяют выдвинуть ряд гипотез об эффективном использовании знаний о стадном поведении экономических агентов в процессе принятия решений. Кроме того,

выделенные иррациональные составляющие процесса принятия решений экономическими агентами и изучение методов управления стадным поведением в системах различной природы позволяют выдвинуть гипотезу о возможности управления стадным поведением с использованием методов рефлексивного управления. Перспективным направлением исследования является построение соответствующего механизма рефлексивного управления стадным поведением в экономических системах в целом и на предприятиях в частности.

Список использованной литературы:

1. Как управлять массовым сознанием: современные модели. Минаев В.А., Овчинский А.С., Скрыль С.В., Тростянский С.Н. моногр. – Москва, 2012. – 213 с.
2. Welch I. Herding Among Security Analysts / I. Welch // *Journal of Financial Economics*. – 2000. – 58(3).
3. Сорнетте Д. Как предсказывать крахи финансовых рынков / Д. Сорнетте. – М.: Интернет-Трейдинг, 2003. – 400 с.
4. Simon H. Rational Decision Making in Business Organizations // *American Economic Review*. – 1979. – V. 69. – P. 493–512.
5. Алле М. Поведение рационального человека: критика постулатов и аксиом американской школы // *THESIS*. – 1994. – Т.5 – С. 217–241.
6. Kahneman D. Prospect theory: an analysis of decisions under risk / D. Kahneman, A. Tversky // *Econometrica*. – 1979. – V. 47. — P.263–291.
7. Стадный инстинкт (механизм) [Режим доступа]: <http://hs2.me/node/136>
8. Амосов Н.М. Мое мировоззрение / Н.М. Амосов.– Донецк: Сталкер, 1998. – 375 с.
9. Губко М.В. Управление организационными системами с коалиционным взаимодействием участников. М.: ИПУ РАН, 2003. – 140 с.
10. Лефевр В.А. Конфликтующие структуры. Издание второе, переработанное и дополненное / В.А. Лефевр. – М.: Советское радио, 1973. – 158 с.
11. Spence M. Market Signalling: Information Transfer in Hiring and Related Processes. – Cambridge, MA, Harvard

КОМПЛЕКСНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗВИТКУ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ

Р.З.Подолець, О.А.Дячук, М.Г.Чепелєв
м. Київ, ДУ «Інститут економіки та прогнозування НАН України»

Вступ. В Україні енергетична політика виступає ключовим фактором розвитку економіки, одночасно створюючи значні загрози та уособлюючи ресурсний потенціал покращення ситуації. При цьому специфіка енергетичного сектору полягає в комплексності впливу на всі основні групи суб'єктів економічної діяльності, який одночасно проявляється в соціальних, економічних та екологічних аспектах.

Так енергоносії належать до товарів першої необхідності, займаючи в середньому 8,3% споживчого кошика вітчизняних домогосподарств [0, с. 211-212], виступають ключовими ресурсами при виробництві багатьох видів продукції — на них припадає 22,5% всього проміжного споживання [2, с. 67] та посідають провідне місце в структурі зовнішньої торгівлі України: в 2012 р. 30% всіх імпортованих товарів становили паливно-енергетичні ресурси [3]. Не менш суттєвий вплив енергетичного сектору і на стан навколишнього середовища: щороку його підприємства викидають понад 300 млн тонн парникових газів (ПГ) в еквіваленті CO₂, що складає 77% загальної емісії ПГ в Україні [4, с. 71]. Враховуючи, що кожна тонна викидів діоксиду вуглецю наносить збитки на суму від \$7 до \$150 [5, р. 69], економічна шкода від емісії цієї речовини (262 млн тонн в 2011 р.) становить від \$1,8 млрд. до \$39,3 млрд.

Така багатогранність та мультиагентний характер соціальних, економічних та екологічних наслідків розвитку національної енергетичної системи зумовлює актуальність розробки та використання комплексного модельного інструментарію, який би з певним рівнем абстракції враховував структурну складність об'єкту моделювання та взаємозв'язки між його ієрархічними рівнями.

Теоретичні аспекти моделювання енергетичних систем.

Хоча з технічної точки зору функціонування енергетичних систем і відбувається за фізичними, детермінованими законами, більшість процесів, що становлять інтерес для цієї роботи, відбуваються в економічній площині під дією соціальних законів. Тому поняття «енергетична система країни», яке буде нами використовуватися, у цьому контексті є більш економічним, ніж технічним, і по аналогії із англійською термінологією є ширшим від загальноживаних «енергетична галузь», «паливно-енергетичний комплекс» або «енергетичний сектор», оскільки охоплює весь комплекс економіко-господарських відносин, пов'язаних з оборотом енергоносіїв.

Галузі паливно-енергетичного комплексу забезпечують видобуток енергоресурсів, їх переробку, транспортування та постачання енергії у зручних для споживання формах. В інших секторах економіки різні форми енергії у вигляді енергетичних послуг використовуються для задоволення енергетичних потреб. Структура цих потреб є різною і залежить від характеру потреб кожної категорії споживачів: виробництво, перевезення, зберігання, виробництво продукції, освітлення, охолодження, житлові умови, приготування їжі тощо. Метою функціонування енергетичної системи, таким чином, є задоволення попиту на енергетичні послуги, або енергетичного попиту.

На рис. 1 наведено приклад енергетичної системи, де потоки енергоресурсів за декілька послідовних етапів проходять трансформацію від своєї первинної форми до втілення у кінцевій продукції або послугі.

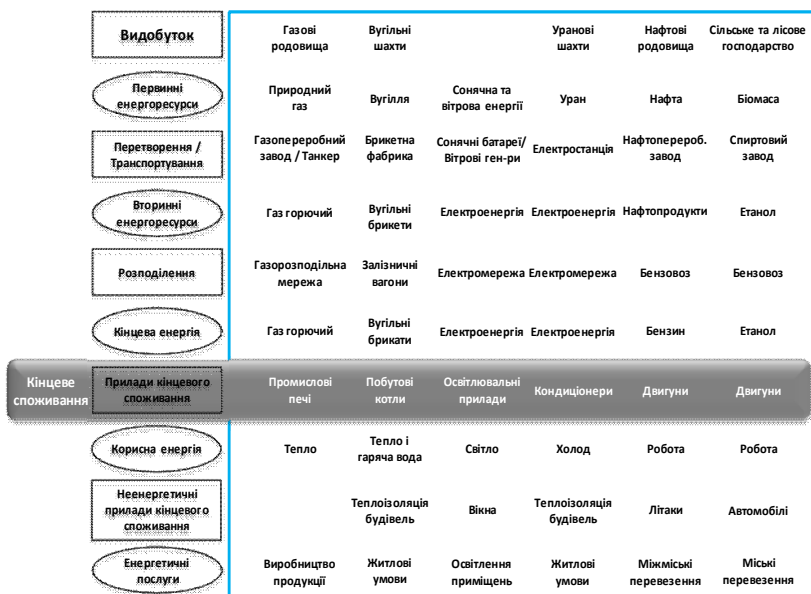


Рис. 1. Блок-схема енергетичної системи
Джерело: розроблено авторами

На відміну від моделей керованих (технічних) систем, результати моделювання енергетичної системи не можуть бути перевірені за допомогою фізичних експериментів, а побудова точного довгострокового прогнозу практично не можлива. Випадкові чинники розвитку енергетичних систем в значній мірі спотворюють результати, отримані на базі детермінованих моделей. Навіть калібрування за базовим роком не гарантує достовірність результатів моделювання на великому проміжку часу. Отримані таким чином результати по суті є проєкціями множини варіантів «що буде, якщо ...», а не безпосередньо прогнозами розвитку. Слід враховувати, що за будь-якої складності і повноти відображених взаємозв'язків, моделі залишатимуться лише абстрактним, спрощеним і формалізованим описом реальних об'єктів. Тому експериментальні дослідження, характерні для технічних систем, для енергетичних систем країн проводяться у вигляді сценарного аналізу, де кожен зі сценаріїв містить набір припущень щодо екзогенних параметрів моделі.

Оскільки розвиток енергетичної системи в значній мірі ви-

значається станом зовнішнього середовища (економічної системи), частина параметрів моделі буде залишатися екзогенною, тобто напряду задаватися дослідником. Залежно від границь системи одні й ті ж змінні можуть бути як екзогенними, так і ендogenousними, оскільки при розширенні границь системи параметри, що задавалися дослідником, можуть бути включені до розрахункового алгоритму як шукані змінні. Наприклад, при чітко визначених обсягах попиту на енергетичні послуги розв'язком задачі буде оптимальна за встановленим критерієм структура енергоресурсів для покриття цього попиту. При формуванні в моделі макроекономічних залежностей та визначенні правил формування енергетичного попиту, його обсяги стануть ендogenousними змінними і будуть розраховані моделлю з огляду на оптимальний стан всієї системи. Більш того, характер ендogenousності чи екзогенності параметрів часто залежить від способу побудови моделі, зокрема методів її замикання. Наприклад, в запропонованій авторами роботи [6] обчислюваній моделі загальної рівноваги (ОМЗР) дослідник сам визначає змінні величини яких задаються, а яких — знаходяться в результаті розрахунків.

Для визначення рівня керованості енергетичної системи та можливостей впливу на неї, і відповідно — розуміння причинно-наслідкових зв'язків при аналізі модельних розрахунків варто розрізняти керовані та некеровані екзогенні змінні. Так, облікова ставка, тарифи на енергетичні ресурси та послуги або норми викидів регулюються відповідними державними органами, а їхні сценарні значення можуть бути чітко обґрунтовані. На відміну від них, обсяги підтверджених запасів викопних видів палива або потенціал альтернативних джерел енергії, термічний ККД електростанцій або вплив парникових газів на навколишнє середовище не можуть бути «нормативно» встановлені. Динаміку зміни цих параметрів можна оцінити лише експертно. Таким чином, рівень керованості енергетичної системи обумовлений кількістю і силою зв'язків між ендogenousними та керованими екзогенними змінними.

Одним з найскладніших завдань при моделюванні енергетичної системи є оцінка величини екзогенних параметрів, що визначатимуть технологічну структуру енергетичного сектору. У макроекономічних моделях основні групи технологій пред-

ставлені виробничими функціями, проте у моделях виробничого типу, якою є модель енергетичної системи, кожна група технологій характеризується конкретними технічними та вартісними параметрами, зокрема, терміном експлуатації, ККД, потужністю, постійними і змінними витратам тощо. Зроблені припущення щодо зміни цих показників можуть суттєво вплинути на набір задіяних в оптимальному розв'язку технологій та інтенсивність їх використання. Між тим, лише удосконалення параметрів технологій не може забезпечити їх реальне впровадження — для цього модельні сценарії повинні також включати відповідні припущення щодо наявності інвестиційних ресурсів, податкової і тарифної політики, державних дотацій тощо.

В процесі моделювання енергетичних систем також виникає задача оцінки майбутнього попиту на енергію за категоріями споживачів. Такий прогноз може бути складений на основі регресійного аналізу ретроспективних даних та визначення залежностей між попитом і його «керуючим параметром» (КП). В якості керуючого параметру, зокрема, обирають ВВП, додану вартість, обсяги виробництва промислової продукції, кількість і доходи населення, обсяги житлового фонду та інші макропоказники. Значення попиту розраховується за формулою:

$$D = КП^{\sigma_{кп}} \times P^{\sigma_p},$$

де D — величина попиту, $\sigma_{кп}$ — еластичність керуючого параметру, P — ціна одиниці продукції, σ_p — цінова еластичність. В наведеній формулі керуючий параметр (КП) є некерованою екзогенною змінною, а ціна енергії — керованою, тому попит на енергію через цінову еластичність є «частково керованою» змінною. Особливість такого способу обрахунку попиту полягає в тому, що коректною є лише оцінка попиту на корисну енергію або енергетичну послугу (рис. 1), а, введення в модель енергетичної системи попиту на первинну або кінцеву енергію є некоректним саме по собі, оскільки в такому разі первинна економічна задача втратить свій сенс і перетвориться на звичайну транспорту задачу.

При побудові енерго-економічних моделей, які описують економіку країни як замкнуту цілісну систему, основна складність полягає у специфікації виду виробничої функції та оцінці величини її параметрів. При цьому найбільш критичним виступає оцінка значень еластичностей заміщення (трансформа-

ції), які показують як будуть змінюватись відносні кількості споживання товарів при зміні відносних цін цих товарів. Величини еластичностей можуть суттєво впливати на результати розрахунків і навіть порушувати порядок пріоритетності сценарії моделювання [7, с. 73]. При цьому провести якісну оцінку еластичностей за емпіричними даними майже не можливо, а якщо і вдається, то для дуже обмеженої множини випадків. Відтак найбільш доцільним варіантом представляється проведення ґрунтового аналізу чутливості побудованої моделі для кожного визначеного сценарію.

Моделні сценарії, в яких досліджується стан системи при зміні керованих екзогенних змінних, називають базовими сценаріями або сценаріями політики; до кожного базового сценарію можуть бути розроблені альтернативні сценарії, що міститимуть різні припущення щодо некерованих змінних. Загалом, послідовність кроків модельного експерименту є наступною:

- формулювання базового (найбільш імовірного або бажаного) варіанту розвитку енергетичної системи без принципової зміни умов її функціонування;

- аналіз траєкторій альтернативних варіантів розвитку енергосистеми за різних припущень щодо неконтрольованих екзогенних змінних; метою опрацювання альтернативних сценаріїв є проведення аналізу чутливості моделі до зроблених припущень для оцінки ефекту від невизначеності екзогенних змінних та встановлення найбільш вагомих факторів впливу на майбутній стан енергетичного сектору;

- внесення змін до альтернативних сценаріїв для спрямування траєкторії розвитку системи у бажаному напрямку та розробка на їх основі переліку відповідних регуляторних заходів (стратегій);

- вибір стратегій, що найчастіше дозволяли досягти бажаної мети (стійкі стратегії), а також розробка стратегій попередження відхилення розвитку системи від бажаної траєкторії (стратегії хеджування).

Основні методологічні підходи. Спектр використання економіко-математичних моделей в енергетиці є досить широким, як і сам термін енергетичне моделювання є доволі загальним. Найсуттєвіші розбіжності між моделями полягають у рівні деталізації енергетичних потоків та технологій, тому відпо-

відно до об'єкта моделювання, розрізняють класи енерго-економічних моделей та безпосередньо моделей енергетичних систем. З певним припущенням, така класифікація енергетичних моделей відповідає так званим методологічним підходам top-down («зверху-вниз») і bottom-up («знизу-вгору»). Моделі енергетичних систем детально описують зв'язки всередині енергетичного сектора, дезагреговану номенклатуру енергоресурсів, повний набір технологій обробки та споживання енергії. В свою чергу, типова енерго-економічна модель розглядає повністю всю економіку країни, враховує основні міжгалузеві зв'язки, структуру проміжного та кінцевого споживання, дає можливість описувати поведінку багатьох економічних агентів, включаючи домашні господарства, підприємства та уряд. Водночас енергетичний сектор представлений у дещо спрощеному вигляді, як наслідок, такі моделі не надають можливість враховувати зміни технологій та вартості виробництва енергії в часі [8, с. 1]. В основі більшості енерго-економічних моделей (зокрема ОМЗР) лежить припущення про те, що економіку досліджуваної країни (регіону) в базовому році можна описати за допомогою балансу економічних потоків⁷, який виконується за існуючих умов (ставки податків, ціни експортованої та імпортованої продукції тощо). Альтернативні економічні сценарії передбачають певні зміни в економіці, умови функціонування якої визначаються величинами екзогенних параметрів. Зміна значень цих параметрів призводить до порушення умов рівноваги вихідного року і змушує економічних агентів (домогосподарства, підприємці тощо) шукати новий рівноважний стан.

В процесі пошуку нового положення рівноваги використовуються припущення щодо рівності попиту та пропозиції продукції, доходів та витрат економічних агентів та відсутності надлишкового прибутку у виробників. При цьому виконуються умови одночасної максимізації прибутку виробників та корисності споживачів, а в більшості ОМЗР і фактично умови досконалої конкуренції.

Для математичного представлення функціональних зв'язків в

⁷ Складається таблиця, в якій відображаються статті доходів та витрат економічних агентів за певний проміжок часу. При цьому сформований набір даних має бути збалансованим, тобто доходи за кожною статтею (групою статей) мають бути рівні витратам.

енерго-економічних моделях, як правило, використовуються функції з постійною еластичністю заміщення (ПЕЗ). В моделях ці функції зазвичай використовують в каліброваній формі, за якої вагові коефіцієнти не залежать безпосередньо від цін та кількості ресурсів в базовому році, а лише від їх обсягів (добутку ціни та кількості)

$$V = V_0 \left\{ \beta \left(\frac{K}{K_0} \right)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + (1-\beta) \left(\frac{L}{L_0} \right)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right\}^{\frac{\sigma}{\sigma-1}},$$

де V — обсяг випуску продукції; K — затрати капіталу на виробництво продукції; L — затрати праці на виробництво продукції; V_0, K_0, L_0 — показники базового року; σ — еластичність заміщення між працею та капіталом; β — ваговий коефіцієнт, який показує частку витрат капіталу в сукупних витратах ресурсів у базовому році.

Часто при використанні виробничих функцій багатьох вхідних аргументів, виникає необхідність введення декількох різних еластичностей заміщення. В таких випадках використовують розмежування вхідних факторів на групи, окремо визначаються міжгрупові та внутрішньогрупові еластичності, при цьому виникає нетривіальна задача вибору структури виробничої функції, що часто здійснюється експертним шляхом.

Загалом, енерго-економічні моделі використовуються переважно для оцінки впливу енергетичної політики на економіку країни і навпаки [9].

В моделях енергетичних систем всі технології описуються набором параметрів, такими як ціна, експлуатаційні витрати, термін експлуатації та термін окупності, доступність, ефективність та інші. Фактично технології представлені процесом трансформації енергоресурсу в продукт. Так, на вході процес когенерації отримує вугілля, а на виході виробляє електроенергію, тепло та викиди шкідливих речовин. Визначення цього методологічного підходу як «знизу-вверх» пояснюється тим, що остаточне рішення моделі приймається після аналізу економічних процесів на мікрорівні, іншими словами – технологічних змін на рівні кінцевих споживачів енергії. Такий підхід застосовують для визначення оптимальної стратегії забезпе-

чення енергетичними послугами на національному та міжнародному рівнях. Завдяки особливостям топології, прикладна модель енергетичної системи може бути легко скоригована, тобто непередбачені наперед зміни у попиті та пропозиції енергії, або параметри нової технології можуть бути у будь-який час внесені до моделі. Щоправда, велика кількість технологій з унікальними технічними характеристиками вимагатиме їх уніфікації, тобто додаткового спрощення моделі. Крім того, деякі параметри, необхідні для перспективних розрахунків (наприклад, світові ціни на енергоресурси) точно оцінити доволі важко.

З розвитком інформаційних технологій принципові відмінності в описаних класах енергетичних моделей стають все менш очевидними. Так, в окремих прикладних енерго-економічних моделях (наприклад MEGRE [10] або SGM [11]) основні підгалузі енергетичного сектору (електроенергетика, нафтогазовий сектор) представлені в максимально дезагерованому вигляді як по технологічній, так і товарній структурі. З іншого боку, деякі моделі енергетичних систем (такі як EFOM [12] та TIMES [13]) можуть враховувати вплив макроекономічних ефектів та ринкового середовища на стан енергосистеми. Наприклад, кінцевий попит на продукцію виробничих секторів в моделі TIMES залежить від величини цінової еластичності, тобто вплив зміни ціни на енергоресурси на стан економіки є кількісно вимірюваним. Більше того, останні розробки міжрегіональних моделей енергетичних систем дозволяють оцінити також вплив на міжнародну торгівлю, причому якщо в енерго-економічних моделях торгівля переважно представлена невеликою кількістю умовних агрегованих товарних груп, то в моделях енергетичних систем товарні потоки (включаючи різні схеми торгівлі) можуть бути представлені на найнижчому рівні агрегації.

Взаємозв'язок енерго-економічних моделей та моделей енергетичних систем. Найбільш поширеним методологічним підходом до побудови прогнозів енергетичного балансу є розробка оптимізаційної моделі енергетичної системи, а досвід аналогічних досліджень також показав доцільність використання алгоритму лінійного програмування, що дозволяє відносно доступно та точно відтворити структурні зміни в дезагре-

гованій моделі. Такий інструментарій дозволяє проводити комплексний аналіз постачання, переробки та споживання енергетичних ресурсів та досліджувати вплив технологічних та цінових чинників на структуру енергосистеми. Водночас, в моделях енергетичної системи досить важко враховувати повні витрати на впровадження нових технологій або зворотні економічні зв'язки, наприклад, такі, як вплив зростання вартості енергоресурсів на сукупний попит або структуру економіки. Відповідно, макроекономічні показники (ВВП, зайнятість) представлені в моделі екзогенними змінними. Тому при значних трансформаціях структури економіки неврахування макроекономічних та частини міжгалузевих взаємозв'язків може знизити реалістичність та повноту отриманих результатів моделювання. Для уникнення цього, моделі енергетичної системи часто поєднують з bottom-up моделями з розширеним представленням енергетичного сектора (енерго-економічні моделі).

Для врахування специфіки паливно-енергетичного комплексу (ПЕК) в bottom-up моделях (зокрема ОМЗР) прийнято виділяти окремі групи енергетичних ресурсів і визначати міжгрупові еластичності заміщення. Наприклад, функцію з ПЕЗ для опису зв'язків між вхідними енергетичними ресурсами (E_{ij}), працею (L_j), капіталом (K_j) та випуском (Y_j) j -ї галузі в найпростішому вигляді можна записати як

$$Y_j = B_j \left(\tilde{\alpha}_{1j} E_{1j}^{\tilde{\rho}} + \dots + \tilde{\alpha}_{nj} E_{nj}^{\tilde{\rho}} + \tilde{\alpha}_j^K K_j^{\tilde{\rho}} + \tilde{\alpha}_j^L L_j^{\tilde{\rho}} \right)^{\frac{1}{\tilde{\rho}}}, \text{ де еластичність заміщення рівна } \tilde{\sigma} = 1 / (1 - \tilde{\rho}).$$

Припускаючи, що еластичність заміщення між енергетичними ресурсами відрізняється від еластичності заміщення між працею та капіталом, функцію з ПЕЗ можна переписати у вигляді

$$Y_j = B_j \left(\beta_{1j} \left[\bar{\alpha}_{1j} E_{1j}^{\rho_1} + \dots + \bar{\alpha}_{nj} E_{nj}^{\rho_1} \right]^{\frac{\rho_2}{\rho_1}} + \beta_{2j} \left[\bar{\alpha}_j^K K_j^{\rho_2} + \bar{\alpha}_j^L L_j^{\rho_2} \right]^{\frac{\rho_3}{\rho_2}} \right)^{\frac{1}{\rho_3}},$$

де

$$\sum_{i=1}^n \bar{\alpha}_{ij} = 1, \bar{\alpha}_{ij} \geq 0, \bar{\alpha}_j^K + \bar{\alpha}_j^L = 1, \bar{\alpha}_j^K \geq 0, \bar{\alpha}_j^L \geq 0, \beta_{1j} + \beta_{2j} = 1,$$

$\beta_{1j} \geq 0, \beta_{2j} \geq 0$. Таким чином, в новій функції з ПЕЗ наявні три еластичності заміщення: $\sigma_1 = 1 / (1 - \rho_1)$ – еластичність замі-

щення між енергетичними ресурсами, $\sigma_2 = 1/(1 - \rho_2)$ – еластичність заміщення між працею та капіталом, $\sigma_3 = 1/(1 - \rho_3)$ – еластичність заміщення між енергетичними ресурсами та складовими валової доданої вартості (праця та капітал). Загалом, при виборі структури блоків ОМЗР не існує єдиних правил чи загальних рекомендацій. З одного боку, чим більша розгалуженість структури, тим ширші можливості групування факторів виробництва та визначення специфічних еластичностей заміщення, з іншого, ускладнення структури не гарантує підвищення якості розрахунків, враховуючи, що величини еластичностей визначаються, як правило, експертно.

Підходи до інтеграції енерго-економічних моделей та моделей енергетичної системи умовно можна розділити на слабкі та сильні. При слабкому зв'язуванні фактично використовуються дві автономні моделі, результати розрахунків кожної з яких є вхідною інформацією для іншої моделі. Так для поєднання моделі енергетичної системи TIMES та ОМЗР GEM-E3 використовується така покрокова процедура, схематично зображена на рис. 2:

1. Задаються прогнози темпи приросту ВВП та обсягів кінцевого споживання, зміна кількості працюючих, ціни імпортованих енергетичних ресурсів, величини реальних відсоткових ставок.

2. Параметри (коефіцієнти технологічного прогресу при праці, капіталі, еластичності заміщення та трансформації) підбираються так, щоб відтворювати величини задані в пункті 1.

3. На базі розрахунків GEM-E3 (зокрема, за даними галузевих обсягів випуску та зміни цін на енергетичні ресурси) знаходиться попит на енергетичні ресурси за галузями (використовуються окремі формули перерахунку з врахуванням зміни обсягів випуску, споживання енергії за галузями в базовому році, значень цінових еластичностей та еластичностей за доходами, зміни кількості населення тощо).

4. Попит на енергетичні ресурси отриманий на 3-му кроці використовується в якості вхідних параметрів моделі TIMES для знаходження оптимальної структури виробництва та споживання енергії за галузями.



Рис. 2. Схема зв'язування GEM-E3 та моделі TIMES
Джерело: розроблено авторами на основі роботи [14]

5. Порівнюється структура споживання енергії за галузями отримана на базі обох моделей. В разі її невідповідності (задається деяка допустима похибка) в GEM-E3 змінюється екзогенний параметр, що визначає технологічний прогрес (збільшення значення цього параметра призводить до зменшення питомих витрат енергії на виробництво продукції певного виду) таким чином, щоб структури споживання енергії за галузями отримані за кожною з моделей співпадали.

Сильний зв'язок передбачає встановлення прямої системної взаємодії між моделями економіки та енергетики, який може реалізуватись шляхом формування «монолітної програми»⁸. З точки зору практичної доцільності та враховуючи розмірності як макроекономічних, так і технологічних сучасних моделей, розробка комплексу моделей з сильним зв'язком вимагатиме або

⁸ Використовується єдина мова програмування, моделі формуються у вигляді оптимізаційних задач одного типу та розв'язуються одночасно.

агрегування структури економіки, або відповідного спрощення енергетичної системи. Прикладами такого підходу є варіанти моделей енергетичної системи MARKAL та TIMES — моделі MARKAL-MACRO [15] та TIMES-MACRO [16] відповідно.

Загалом, спосіб поєднання макроекономічних та технологічних енергетичних моделей залежить від об'єкту і мети досліджень, а також обраного розрахункового алгоритму. Ієрархічна структура зв'язків між моделями різних класів наведена на рис. 3.

Мета досліджень зумовлює вибір конкретного методологічного підходу: оптимізаційні технологічні моделі визначають (як правило) мінімальні витрати на функціонування енергосистеми при різних сценаріях факторів впливу; імітаційний підхід використовують при пошуку критичних елементів енергосистеми, моделі міжгалузевого балансу доцільно використовувати в коротко- та середньостроковому періодах через припущення незмінності структури економіки, водночас ОМЗР можуть враховувати технологічний прогрес та структурні зрушення, що робить їх більш корисними при стратегічному плануванні.

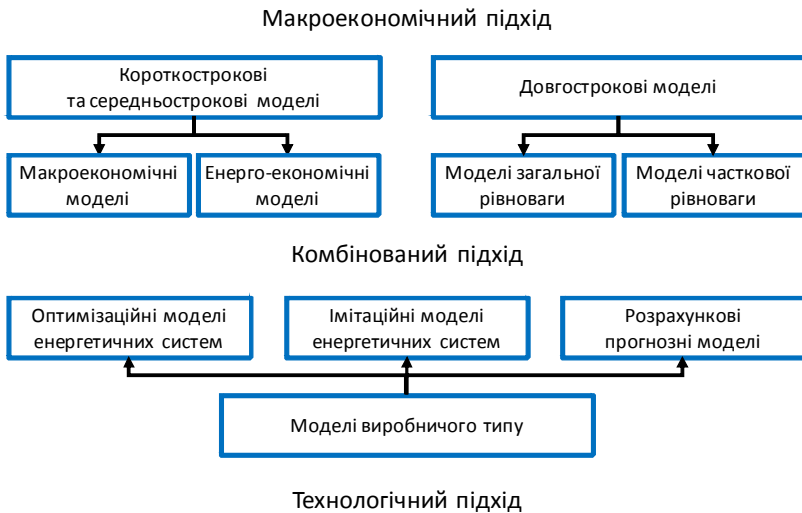


Рис. 3. Зв'язок енерго-економічних та моделей енергетичних систем
Джерело: розроблено авторами на основі роботи [17]

Адекватний горизонт моделювання знову ж таки залежить

від мети досліджень. Аналіз ефективності застосування інструментів енергетичної політики для досягнення намічених цілей, враховуючи інерційність енергетичного сектора та життєвий цикл енергетичних технологій, доцільно проводити на період не менше як 2–20 років. Для стратегічного планування економічного розвитку, енергетичної та екологічної політики горизонт моделювання повинен бути розширений до 5–30 років. Насамкінець, для вивчення глобальних питань, такі як зміна клімату, для врахування екологічних та кліматичних процесів досліджуваній період має охоплювати до 50–100 років.

Модель «TIMES-Україна» [18] була розроблена в ДУ «Інститут економіки та прогнозування НАН України» для дослідження сценаріїв розвитку національної енергетичної системи. Створена на базі моделі інформаційно-аналітична підсистема разом із статистичною базою даних утворюють прикладний інструментарій, що дозволяє ефективно вирішувати задачі з аналізу, моделювання та прогнозування можливих шляхів розвитку енергетики України. Розроблений інструментарій є оптимізаційною моделлю усіх енергетичних потоків України і відповідає методичним рекомендаціям міжнародних організацій з розробки енергетичних й екологічних прогнозів, зокрема, рекомендаціям секретаріату Рамкової Конвенції ООН зі зміни клімату стосовно розробки національних повідомлень.

Об'єктом дослідження в моделі оптимізації енергетичних потоків та енергетичного балансу є вся енергетична система країни. Обсяги виробництва енергетичних послуг залежать від комбінації та вартості використання логістичної інфраструктури і технологій (капітал), трудових ресурсів, а також матеріальних та енергетичних ресурсів. У більшості випадків фактори виробництва є взаємозамінними у своїх категоріях. Зокрема, вартість енергетичної сировини залежить від доступності джерел первинної енергії та технологій її видобування, переробки і транспортування. Ціна ж на енергетичну послугу формується з огляду на існуючий попит на неї та власні споживчі властивості, незалежно від форми та обсягів енергії, витрачених на її виробництво, тобто вона лише опосередковано залежить від вартості конкретного енергоресурсу. Тому, якщо при дослідженнях енергетичної галузі необхідно виявити поточні тенденції та розробити прогнозні оцінки, то тісна взаємодія факторів, що

визначають вартість енергії та енергетичних послуг, вимагає аналізувати весь процес формування енергетичних потоків.

У моделі «TIMES-Україна» енергетична система України представлена єдиним регіоном. Структура моделі побудована з урахуванням існуючих статистичних класифікаторів (КВЕД та НПП) на інформаційній базі первинних статистичних форм Державного комітету статистики України з пографною розбивкою. Для дезагрегації моделі, оцінки виробничих і вартісних параметрів енергетичних технологій були також використані статистичні дані профільних міністерств, державних комітетів і промислових підприємств, які згодом були відкалібровані у відповідності з даними Держкомстату.

База даних моделі містить інформацію про обсяги і сезонні коливання попиту на енергію, вираженого у вигляді потреб за секторами і регіонами енергетичної системи; ціни, обсяги і сезонну доступність різних видів енергії і палива на міжнародних і національних ринках, а також вартість і обсяги власного видобутку первинних енергоресурсів; техніко-економічні характеристики енергетичних технологій; графіки споживання електроенергії тощо, що відповідають реальним статистичним даним за 2005-2010 роки.

Енергетична система України розділена в моделі на сім секторів: сектор постачання енергоресурсів; сектор виробництва і постачання електроенергії та тепла; промисловість; населення; комерційний і бюджетний сектори; транспорт; сільське господарство. Ці сектори забезпечують видобуток, переробку, транспортування, постачання енергоресурсів та надання енергетичних послуг для задоволення потреб кінцевих споживачів.

Енергетичні потреби по кожній групі споживачів були ідентифіковані в такий спосіб, щоб із врахуванням альтернативних енергетичних технологій виробництва продукції або послуг можна було зробити оцінки попиту по окремим енергоресурсам. Під енергетичною технологією тут розуміється будь-яка установка або пристрій, що виробляє, перетворює, розподіляє або споживає енергію. Ще однією обов'язковою умовою при ідентифікації потреб була можливість їх адекватного обліку, і, відповідно, їх кількісної і вартісної оцінки.

Додаткові умови, які допомагають у розробці альтернативних сценаріїв діляться на чотири категорії: технологічні, політичні,

бюджетні та екологічні. Технологічні умови відповідають сценаріям зміни технічних параметрів чи характеристик енергетичних технологій — збільшення виробничих потужностей, зниження споживання електроенергії за рахунок модернізації, сезонності і т.д. Політичні умови, введені у відповідності з пріоритетами і політикою заходів — введення пільгових тарифів для окремих категорій споживачів, підтримка проникнення на ринок окремих видів технологій тощо. Бюджетні обмеження визначають наявність інвестицій в модернізацію та установку нових виробничих потужностей з розподілом у часі і типах енергетичних технологій. Екологічні обмеження можуть бути введені на підставі діючої системи державного управління або в рамках міжнародних зобов'язань зі скорочення викидів парникових газів прийнятих Україною.

На сьогодні в моделі «TIMES-Україна» налічується близько 1500 технологій; кількість енергоресурсів, матеріалів, попитів тощо, тобто тих елементів, які є або входом або виходом для відповідних технологій, складає біля 700; кількість обмежень, що задають умови розрахунку математичної моделі, складає близько 220; ненульових значень в математичній моделі, які є параметрами будь-яких її елементів, нараховується близько 45 тисяч.

ОМЗР економіки України являє собою типову top-down модель. В основі розробленого інструментарію, як і багатьох інших ОМЗР, лежить таблиця витрати-випуск (ТВВ), розширений аналог якої (часто будується на базі ТВВ) прийнято називати матрицею суспільних рахунків (МСР). Положення рівноваги ОМЗР економіки України, характеризується виконанням трьох умов, які можна вважати рівняннями макроекономічного балансу (визначають умови одночасного існування рівноваги на аналізованих ринках):

- 1) умова «нульових» прибутків⁹;
- 2) умова «очищення» ринку¹⁰;
- 3) виконання балансу доходів та витрат економічних агентів.

Взаємозв'язки між економічними агентами, а також потоки товарів та послуг, що мають місце в розробленій ОМЗР економіки

⁹ Для фірм доходи рівні витратам.

¹⁰ Англ. «market clearance conditions» - припускається рівність попиту та пропозиції товарів та послуг для кожної аналізованої галузі (виду економічної діяльності).

України, зображено на рис. 4.

Припускається, що підприємства намагаються максимізувати свій прибуток, а домогосподарства — корисність. Підприємства виробляють товари та надають послуги, використовуючи працю, капітал, а також товари та послуги, що належать до проміжного споживання. Продукція проміжного споживання може бути вироблена як національними виробниками, так і імпортована з-за кордону. Вироблені підприємствами товари та послуги надходять на національний ринок або експортуються. На внутрішньому ринку вироблена продукція купується домогосподарствами (включаючи некомерційні організації, що обслуговують домогосподарства), державою або йде на валове нагромадження капіталу. Домогосподарства отримують плату за працю та капітал, держава — податки на виробництво та імпорт, частину яких виплачує у вигляді субсидій.

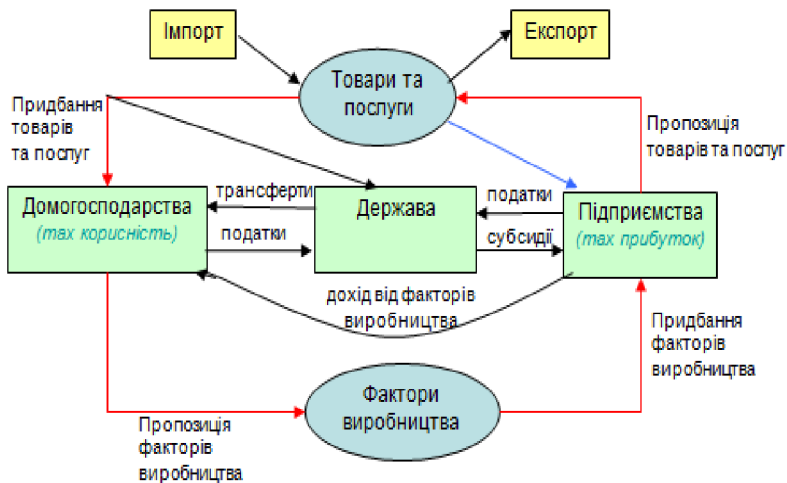


Рис. 4. Кругообіг потоків в ОМЗР економіки України
Джерело: розроблено авторами

Для представлення балансу грошових потоків в моделі використовується репрезентативний агент, джерелом надходження коштів якого є плата за капітал та працю, а також податки на виробництво та імпорт, а статтями витрат — кінцеве споживання, валове нагромадження капіталу та чистий експорт.

В ОМЗР економіки України ціни експорту та імпорту про-

дукції визначаються екзогенно, тобто задаються дослідником. Всі блоки моделі використовують однорівневі функції з ПЕЗ (постійними еластичностями трансформації - для блоку, що описує експорт продукції), крім виробничого блоку, структуру якого буде розглянуто в наступному підрозділі. В моделі важливі лише відносні ціни, оскільки функції, що використовуються при знаходженні розв'язку моделі є однорідними нульового ступеня відносно цін, тобто множення всіх цін в моделі на деяку додатну константу не змінить обсягів випуску. Тому, як правило, ціну продукції певної галузі фіксують (покладають рівною одиниці), а отримані результати розглядають як зміну цін відносно ціни обраного виду продукції.

Для визначення рівноважних обсягів випуску та цін розв'язується система нелінійних рівнянь. В процесі формування останньої для виробничих функцій блоків моделі розв'язуються оптимізаційні задачі. Наприклад, при випуску продукції виробники мають обрати, яку її частку експортувати, а яку продавати на внутрішньому ринку. Вихідні величини часток оцінюються за даними базового року (ім відповідають ваги, що використовуються в функціях з ПЕЗ), в результаті розв'язання оптимізаційної задачі визначається, як будуть реагувати виробники (змінюючи обсяги експорту та поставок на внутрішній ринок) та споживачі (через зміну обсягів кінцевого споживання) на зміни екзогенних параметрів моделі (наприклад, зростання цін енергетичних ресурсів).

Для більш адекватного відображення зв'язків в середині енергетичної системи в моделі використано підхід деталізації виробничого блоку (рис. 7). Слідуючи моделям EMPAX-CGE [19] та GTAP-E [20], продукція проміжного споживання в ОМЗР економіки України виділяється в окрему групу та розташовується на найвищому рівні структури виробничого блоку. Між продукцією проміжного споживання припускається незначний рівень заміщення, еластичність покладається рівною 0,2, еластичність заміщення між групою продукції проміжного споживання та рештою факторів виробництва покладається рівною нулю, тобто використовується виробнича функція Леонтьєва.

Слідуючи моделям GEMINI-E3 [21] та EMPAX-CGE, а також виходячи з доступності економетричних оцінок заміщення між працею та капіталом, додана вартість в ОМЗР економіки

України виділена в окрему групу, еластичності заміщення між її складовими покладаються рівні 0,3. В усіх розглянутих моделях з розширеним енергетичним блоком електроенергія виділяється в якості окремої складової. Як і в моделях GEM-E3 [4] та GEMINI-E3, в ОМЗР економіки України використовувалась однорівнева структура паливної складової, еластичності заміщення між її компонентами покладались рівні 0,5.

Висновки. Оцінка середньо- та довгострокових наслідків розвитку енергетичної системи України пов'язана з необхідністю врахування багатьох факторів соціального, економічно та екологічного характеру. При цьому вплив енергетичної політики розповсюджується на всі основні групи економічних агентів, включаючи домогосподарства, підприємців та сектор загального державного управління.

Проведений аналіз показав, що адекватно враховувати широкий спектр наслідків за допомогою моделі одного класу не завжди можливо, оскільки за такого підходу акцент робиться виключно на технологічних або макроекономічних аспектах розвитку енергетичного сектору. З метою вирішення цієї проблеми в роботі досліджено теоретико-методологічні підходи до інтеграції енерго-економічних моделей та моделей енергетичних систем, а також представлено відповідний інструментарій для досліджень розвитку національної енергетичної системи.

В перспективі, інтегрований інструментарій, що включає розглянуті в даній роботі ОМЗР економіки України та модель «TIMES-Україна», може слугувати ефективним методологічним забезпеченням при розв'язанні ряду задач стратегічного планування в енергетиці, включаючи:

- дослідження шляхів оптимізації енергетичного балансу з метою забезпечення раціонального природокористування та низьковуглецевого розвитку економіки України із врахуванням структури міжгалузевих зв'язків, реалізації заходів з енергоефективності та енергозбереження, розвитку відновлювальної енергетики, дотримання екологічних стандартів тощо;
- дослідження впливу сценаріїв розвитку ПЕК на зміну макроекономічних показників, включаючи доходи та витрати домашніх господарств, ВВП, надходження до державного бюджету, показники зовнішньоекономічної діяльності тощо;
- оптимізацію державних механізмів спрямованих на до-

тримання міжнародних зобов'язань щодо охорони навколишнього середовища та боротьби із зміною клімату (наприклад, виконання Україною своїх зобов'язань в другому періоді Кіотського протоколу та перед європейським Енергетичним співтовариством) із врахуванням їх впливу на виробників, кінцевих споживачів, сектор загального державного управління та динаміку макроекономічних показників;

- коригування політики субсидювання ПЕК, спрямованої на перехід до ринкових цін в соціально прийнятний спосіб та забезпечення економічної життєздатності енергетичних підприємств.

Список використаної літератури:

1. Индексы споживчих цін за 2011 рік / Державна служба статистики України; За ред. Н. С. Власенко. — Київ, 2012. — 207 с.
2. Національні рахунки України за 2011 рік / Державна служба статистики України; За ред. І. М. Нікітіної. — Київ, 2013. — 165 с.
3. Товарна структура зовнішньої торгівлі за 2012 рік [Електронний ресурс] / Державна служба статистики України. — Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
4. Национальный кадастр антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов в Украине за 1990-2011 гг. [Електронний ресурс] / Министерство экологии и природных ресурсов Украины / Государственное агентство экологических инвестиций Украины. — Киев, 2013. — 577 С. — Режим доступу: <http://nci.org.ua/ua/oblik-vykydiv-ta-absorbtsii-parnykovykh-haziv/nats-kadastr-nir>
5. General Equilibrium Model for Economy – Energy – Environment: Model Manual [Електронний ресурс] / E³M-Lab. — 186 P. - <http://147.102.23.135/e3mlab/GEM%20-%20E3%20Manual/Manual%20of%20GEM-E3.pdf>
6. Lofgren H. A Standard Computable General Equilibrium (CGE) Model in GAMS [Електронний ресурс] / H. Lofgren, R. L. Harris, S. Robinson / International Food Policy Research Institute. — 2002. — 79 P. — Режим доступу: <http://www.ifpri.org/sites/default/files/pubs/pubs/microcom/5/mc5.pdf>
7. Taylor L. Computable General Equilibrium Models of

Trade Liberalization: The Doha Debate [Электронный ресурс] / L. Taylor, R. von Arnim / New School for Social Research, New York. — 2006. — 89 P. — Режим доступа: http://62.58.77.233/sn2/training%20docs/Lecture%20Missaglia/Lecture%20Missaglia_Taylor%20CGE%20Models%20of%20Tarde%20Liberalization%20Doha%20Debate.pdf

8. Bohringer C. Combining Top-Down and Bottom-up in Energy Policy Analysis: A Decomposition Approach [Электронный ресурс] / C. Bohringer, ., T. F. Rutherford / Discussion Paper No. 06-007. — 2006. — 23 P. — Режим доступа: <http://www.mpsge.org/qpdecomp.pdf>

9. Joseffson A. Community based regional energy-environmental planning / Joseffson A., Johnsson J., Wene C.O. — WP-78. — Fondazione Eni Enrico Mattei, Milano, Italy, 1994.

10. Alan S. Manne. MERGE: An Integrated Assessment Model for Global Climate Change [Электронный ресурс] / Alan S. Manne, Richard G. Richels / Stanford University, 2004 — 17 p. — Режим доступа: <http://www.stanford.edu/group/MERGE/GERAD1.pdf>

11. Jae Edmonds. Second Generation Model 2004: An Overview [Электронный ресурс] / Jae Edmonds, Hugh Pitcher, Ron Sands / Joint Global Change Research Institute, 2004 — 40 p. — Режим доступа: http://www.globalchange.umd.edu/data/models/SGM_2004_Overview.pdf

12. Grohnheit P.E. Economic interpretation of the EFOM model / Poul Erik Grohnheit // Energy Economics. — 1991. — Volume 13, Issue 2 — p. 143–152.

13. Loulou R., Labriet M. ETSAP-TIAM: the TIMES integrated assessment model. Part I: Model structure [Электронный ресурс] / Richard Loulou, Maryse Labriet / Energy Technology Systems Analysis Program, 2007 — Режим доступа: <http://www.etsap.org/applicationGlobal.asp>

14. Fortes P. Top-down vs. Bottom-up Modeling to Support Climate Policy – Comparative Analysis for the Portuguese Economy [Электронный ресурс] / P. Fortes, S. Simoes, J. Seixas, D. van Regemorter. — 2009. — 18 P. — Режим доступа: http://www.aace.at/2009-IAEE/uploads/fullpaper_iaee09/P_422_Fortes_Patricia_31-Aug-2009,%2015:52.pdf

15. Loulou R., Goldstein G., Noble K. Documentation for the

MARKAL Family of Models. Part 2: MARKAL-MACRO [Электронный ресурс] / Richard Loulou, Gary Goldstein, Ken Noble / Energy Technology Systems Analysis Program, 2004 — Режим доступа: http://www.etsap.org/MrklDoc-II_MARKALMACRO.pdf.

16. Remme U., Blesl M. Documentation of the TIMES-MACRO mode: Draft Version [Электронный ресурс] / Energy Technology Systems Analysis Program, 2006 — Режим доступа: http://www.iea-etsap.org/web/Docs/MACRO_Draft_010206.pdf.

17. UNEP greenhouse gas abatement costing study, phase one report, UNEP collaborating centre on energy and environment, RISO National Laboratory, August 1992.

18. Подолець Р.З., Дячук О.А. Стратегічне планування у паливно-енергетичному комплексі на базі моделі «TIMES-Україна»: наук. доп. НАН України; Ін-т екон. та прогнозув. — К., 2011. — 150 с.

19. EMPAX-CGE. Model Documentation [Электронный ресурс] / Interim Report. — 2008. — 112 P. — Режим доступа: http://www.epa.gov/ttnecas1/models/empax_model_documentation.pdf

20. Burniaux J.-M. GTAP-E: An Energy-Environmental Version of the GTAP Model [Электронный ресурс] / J.-M. Burniaux, T. P. Truong GTAP Technical Paper No. 16. — 2002. — 69 P. — Режим доступа: <https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/1203.pdf>.

21. Bernard A., GEMINI-E3, A General Equilibrium Model of International-National Interactions between Economy, Energy and the Environment, V5.3. [Электронный ресурс] / A. Bernard, L. Drouet M. Vielle. — 36 P — Режим доступа: <http://gemini-e3.epfl.ch/webdav/site/gemini-e3/shared/GEMINI-E3v53.pdf>

РАЗРАБОТКА И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ФУНКЦИИ

П.И. Сокуренько, В.Н. Будников

г. Кременчук, Кременчужский институт Днепропетровского университета имени Альфреда Нобеля

При исследовании экономической деятельности общества большую роль играет адекватность производственной функции реальному процессу. Совместно с известными математическими моделями (например, экономической динамики, технического прогресса, межотраслевого баланса и др.) она позволяют определить необходимые режимы работы экономической системы. Экономика – это сложная система с несколькими степенями свободы и процесс её развития может порождать вариации различными конечными результатами. В этой связи математические модели должны как можно точнее соответствовать реальным процессам. Применение в экономике методов информатики, базирующихся на компьютерной технике, является одной из важнейших проблем. Поэтому в предлагаемой работе проводится анализ существующей производственной функции, отмечаются её недостатки и предложено к усовершенствованию математически строго обоснованная модель.

Известна производственная функция [1]:

$$Y = F(K, L), \quad (1)$$

где K – объем основных фондов;
 L – объем трудовых ресурсов.

Она мало пригодна при анализе экономического процесса. По этой формуле один и тот же объем конечного продукта можно получить при различных сочетаниях объема основных фондов K и объема трудовых ресурсов L , но совсем не учитываются такие основные факторы, как производительность труда, капиталоборот, фондовооруженность и др. Такой характер зависимости производственной функции соответствует «развитому» социализму, при котором работу можно выполнить трактором, либо группой людей без учета социальных потребностей общества.

Но главным источником повышения уровня благосостояния общества является повышение производительности труда, которое напрямую не зависит от объема конечного продукта, фонда накопления и пр. Оно определяется соответствующий технологией, научными разработками, числом подготовленных специалистов высокого класса и т.д.

Проведем анализ одной из форм записи производственной функции (Кобба-Дугласа (1)):

$$Y = \alpha_0 K^\alpha L^{1-\alpha}, \quad (2)$$

где α_0, α - постоянные коэффициенты.

Из этого уравнения находим производительность труда, как отношение $\frac{Y}{L}$:

$$W = \alpha_0 R^\alpha, \quad (3)$$

где $R = \frac{K}{L}$ - фондовооруженность [2].

Объем живого труда из уравнений (2) и (3) будет равен:

$$Y = \alpha_0^{1/\alpha} \frac{K}{W^{1/\alpha}}, \quad (4)$$

Подставив в уравнение (2), получим:

$$Y = \alpha_0^{1/\alpha} \frac{K}{W^{1/\alpha-1}} \quad (5)$$

Простой анализ уравнения (5) показывает, что при увеличении производительности труда W (при $0 < \alpha < 1$) выпуск конечного продукта падает. Но это противоречит здравому смыслу. Поэтому уравнение (2) не соответствует реально развивающемуся экономическому процессу. Аналогичные анализы можно провести и для других форм записи производственной функции.

Производственную функцию целесообразно выразить следующим образом:

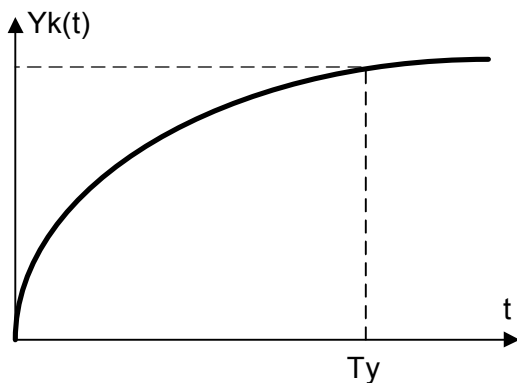
$$Y = Y_K K, \quad (6)$$

где Y_K – капиталотдача, которая может быть определена по формуле:

$$Y_K = \frac{W}{K} \quad (7)$$

и зависит от производительности труда и фондовооруженности.

При поступлении на рынок партии валового продукта в виде единичной функции $1(t)$ реализация её пройдет не мгновенно, а на протяжении некоторого времени. Зависимость $Y_K(t)$ в этом случае можно представить графиком, изображенном на рис. 1. Практически полностью реализация закончится за время T_y . На этом основании можно заключить, что Y_K в уравнении



(6) функция времени.

Рис. 1. Зависимость реализации валового продукта

Вид зависимости, изображенной на рис. 1, близок к переходной функции апериодического (инерционного) звена [2]. Поэтому зависимость капиталотдачи можно представить следующим дифференцированным уравнением:

$$T \frac{dY_k}{dt} + Y_k = K_y 1(t), \quad (8)$$

где K_y – коэффициент усиления звена, учитывающий условия рынка, внутренние расходы, и т.д. (для развивающейся экономики $K_y > 1$);

T – постоянная времени (с погрешностью до 5% можно принять $T = \frac{T_y}{3}$).

Из уравнения (8) с учётом преобразования Лапласа получим:

$$Y_k(s) = \frac{K_y}{s(Ts + 1)} + \frac{TY_k(0)}{(Ts + 1)}, \quad (9)$$

где $Y_k(0)$ – начальное значение (конечное предыдущего этапа) капиталотдачи.

Из последнего уравнения при нулевых начальных условиях найдем переходную функцию капиталоотдачи:

$$Y_K = K_1(1 - e^{-\frac{t}{T}}) \quad (10)$$

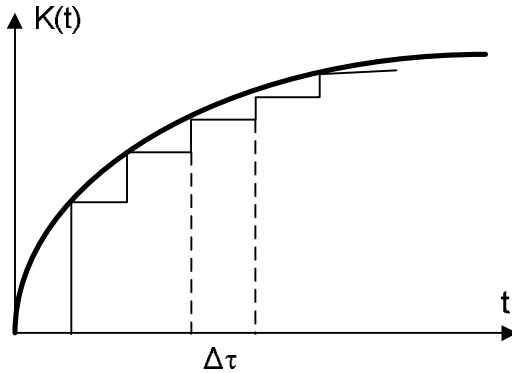


Рис. 2. Замена плавной кривой ступенчатой

На рис. 2 показана произвольная функция объема основных доходов $K(t)$, которую можно заменить ступенчатой. Приращение на каждой ступени равно:

$$\Delta K = K'(\tau) \cdot \Delta \tau, \quad (11)$$

где $K'(\tau)$ - производная объема основных фондов.

Для того, чтобы найти производственную функцию (6) при различных изменениях объема основных фондов с учетом уравнения (10) применим интеграл Дюамеля. Интегрирование необходимо производить по τ , а над t поймать тот момент времени, в котором нужно найти производственную функцию.

Приращение производственной функции от одного скачка объема основных фондов с учетом уравнений (6) и (11) равно:

$$\Delta Y = K'(t)Y_K(t - \tau - \Delta \tau)\Delta \tau$$

Полную производственную функцию в момент времени t получим при суммировании всех частичных значений от отдельных скачков и от начального значения:

$$Y(t) = K(0)Y_K(t) + \Sigma K'(\tau)Y_K(t - \tau - \Delta \tau)\Delta \tau. \quad (12)$$

Заменив интервал времени $\Delta \tau$ на бесконечно малый dt ,

перейдем от суммы к интегралу:

$$Y(t) = K(0)Y_K(t) + \int_0^t K'(\tau)Y_K(t - \tau)d\tau. \quad (13)$$

Применив преобразование Лапласа с учётом теоремы свертки, уравнение (12) допишется:

$$Y(s) = K(0)Y_K(s) + K'(s)Y_K(s). \quad (14)$$

Известно, что:

$$K'(s) = sK(s) - K(0).$$

Поэтому уравнение (14) окончательно запишется:

$$Y(s) = sY_K(s)K(s). \quad (15)$$

Зная закон изменения объема основных фондов и переходную функцию капиталотдачи $Y_K(s)$, по уравнению (15) определяется производственная функция.

При решении обратной задачи из выражения (15) определяем:

$$K(s) = \frac{Y(s)}{sY_K(s)}. \quad (16)$$

Соотношение (16) имеет реальный смысл только при условии, что наибольший показатель степени при s знаменателе больше показателя числителя.

Основные фонды, созданные недавно, более эффективны, чем введенные в действие в более ранние моменты времени [3]. Эффективность в этом случае достигается не за счет увеличения их объема, а за счет увеличения капиталотдачи. Поэтому приведение эффекта к начальному моменту времени нужно применить к производственной функции, а не к объему основных фондов.

Используя уже рассмотренный прием (вывод уравнения (15)), найдем производственную функцию с учётом коэффициента приведения e^{bt} к начальному моменту времени:

$$Yl(t) = sY(s) \frac{1}{s - b}, \quad (17)$$

где $\frac{1}{s - b}$ - изображение Лапласа приведенной функции e^{bt} ;

b - дисконтирующий множитель.

Производственная функция является одним из звеньев сложной экономической системы, исследование которой прак-

тически невозможно без использования вычислительной техники.

Поэтому целесообразно составить компьютерную модель производственной функции с учетом уравнений (15) и (17) Наглядно это можно представить в системе MATLAB [2].

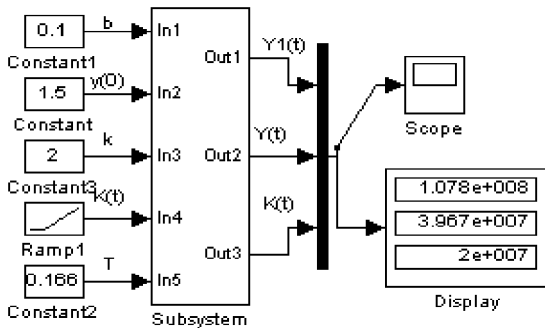


Рис.3. Субсистема производственной функции

На рис. 3 изображена свернутая схема (Subsystem) производственной функции.

При моделировании приняты следующие исходные данные, которые можно варьировать:

$b = 0,1$ - дисконтирующий коэффициент, 1/год,

$Y_K(0) = 1,5$ - начальное значение капиталотдачи (конечное значение предыдущего периода),

$K(t) = 10^7 + 10^6 t$ - закон изменения объема основных фондов, грн,

$T = 0,166$ - постоянная времени звена капиталотдачи (равное двум месяцам), год.

На рис. 4 представлена развернутая схема компьютерной модели производственной функции. Тракты схемы выполняют следующие функции:

- коэффициент приведения e^{bt} ,
- начальное значение капиталотдачи,
- коэффициент капиталотдачи,
- закон изменения производственной функции.

Осциллограммы основных параметров системы, полученные на модели, показаны на рис. 5. Нижняя осциллограмма –

закон изменения объема основных фондов $K(t)$. Изменение производственной функции при принятом законе изменения основных фондов показаны на рисунке при следующих исходных данных (сверху вниз):

- a) $y(0)=2, b=0,1;$
- b) $y(0)=2, b=0;$
- c) $y(0)=1,5, b=0,1;$
- d) $y(0)=1,5, b=0.$

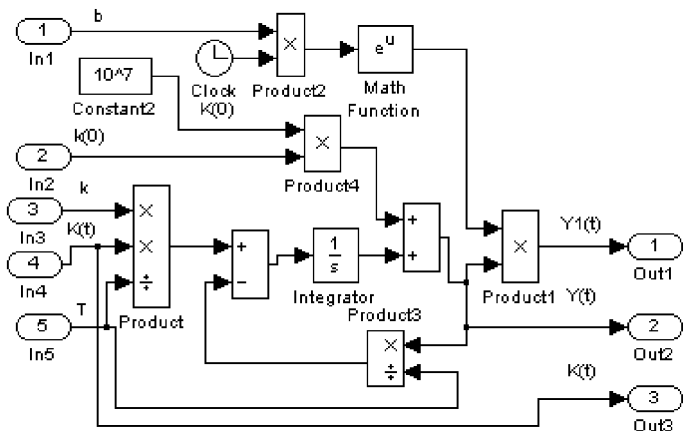


Рис.4. Развернутая схема модели

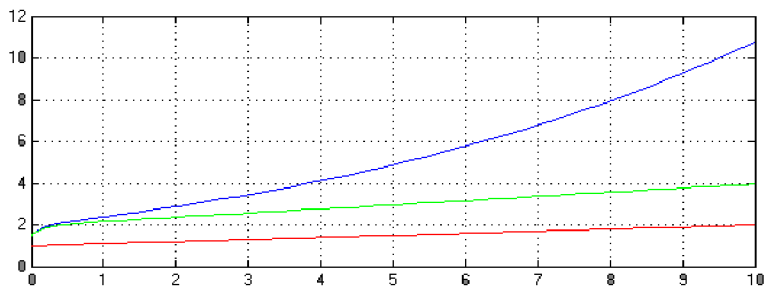


Рис.5. Осциллограммы производственной функции

Производительность труда можно представить формулой:

$$W = R_R W_R, \quad (18)$$

где W_R - производительность труда, зависящее от фондовооруженности.

R_R - коэффициент, учитывающий повышение производительности за счет улучшения организации труда, применения новых технологий, современных материалов и т.д.

Из уравнения (7) с учетом выражения (18) найдем скорость приращения капиталоотдачи, зависящей от фондовооруженности:

$$Y'_K = R_R \frac{W'_R R - W_R}{R}.$$

Приращение капиталоотдачи будет положительным при выполнении следующего условия:

$$W'_R > \frac{W_R}{R}.$$

Из этого уравнения определяем приращение производительности, обеспечиваются положительный прирост капиталоотдачи:

$$\Delta W_R > \frac{W(0)}{R(0)} \Delta R, \quad (19)$$

где $W(0)$ и $R(0)$ начальные значения производительности труда и фондовооруженности (значение до увеличения фондовооруженности);

ΔR - приращение фондовооруженности.

Уравнение (19) дает возможность установить целесообразность повышения фондовооруженности. Если в выражении (19) знак «большее» заменить на «равно», то производительность труда будет линейно зависеть от фондовооруженности. Такой процесс был назван нейтральным по Харроду.

Выводы:

1. Известные производственные функции не отражают реальных процессов экономической системы.
2. Предложена производственная функция, учитывающая важные характеристики экономической системы: производительность труда, фондовооруженность и капиталоотдачу.
3. Проведен анализ предлагаемой функции. С использованием теории интегральных уравнений, предложен метод решения прямой и обратной задачи.

4. Составлена компьютерная модель предлагаемой производственной функции.

Список использованной литературы:

1. Лысенко Ю.Г. «Экономическая кибернетика». Ю.Г.Лысенко, П.В. Егоров, Г.Е.Овечко , В.Н.Тимохин,- Донецк, 2003.- 575с.
2. Гультаев А. Визуальное моделирование в среде MATLAB / А. Гультаев.- СПб. : Питер, 2000 г.-432с.
3. Дёч Т. Руководство к практическому применению преобразования Лапласа./ Т. Дёч. - М.:Наука, 1958 г.-288с.
4. Фишер Ф.М. Проблемы идентификации в эконометрии. /Ф.М. Фишер.- М.: Статистика, 1978. -233 с.
5. Экономическое моделирование, .../Рос. АН, ВЦ, отв. ред. Ю.П. Иванилов, - М: ВЦ, РАН, 1992.- 140 с.

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СРОКОВ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ

В.В. Мельник, С.Н. Пепчук

г. Черкассы, Черкасский государственный технологический университет

Современный этап информатизации в строительном производстве требует специальных исследований в области информационных технологий обеспечения строительно-монтажных работ (СМР). Одной из важнейших задач при разработке таких технологий, связанных с выбором мощностей строительных трестов, является задача прогнозирования временных характеристик выполнения СМР в условиях возмущающих воздействий. Однако до сих пор еще не предложена научно обоснованная методика, позволяющая оценить реальные временные затраты на реализацию фронта СМР, а также соответствующие непроизводительные потери, обусловленные влиянием возмущающих воздействий и взаимной зависимостью различных этапов СМР.

Математическая модель процесса реализации заданного фронта СМР в отдельном производственно-технологическом

цикле должна учитывать воздействие множества постоянно действующих факторов (особенности обеспечения работ, уровень материально-технической базы и т. д.) и множества случайных возмущающих воздействий (сбои в снабжении, простои, производственные отвлечения, нарушения технологий, в результате которых приходится переделывать определенный фронт работ и т. д.).

В рамках описываемой модели реализация воздействия множества постоянных факторов будет определять средний темп выполнения объема работ на отдельном i -м этапе, характеризуемый некоторым коэффициентом k_i . Возмущающие факторы классифицируются либо как задерживающие СМР, либо как разрушающие. А именно, задерживающими называют те вероятные факторы, в момент окончания воздействия которых результат выполнения фронта работ остается на прежнем уровне, т. е. равен результату, полученному к моменту начала воздействия указанных факторов. Разрушающие воздействия — это те, после которых выполнение фронта работ необходимо начинать заново или с промежуточного этапа.

Процесс наработки системы $\Omega(t)$ для описываемой модели определяется следующим образом. Пусть $v(t) = 1$, если в момент t реализуется заданный фронт СМР; $v(t) = 0$ - в противном случае (простои, производственные отвлечения и т. д.). Кроме того, пусть t_{Hi} — начальный момент выполнения i -го этапа СМР. Тогда для $t_{Hi} < t < t_H(i+1)$ величина $N(t_{Hi}, t) = \int_{t_{Hi}}^t k_i v(x) dx$ есть суммарное отработанное время на промежутке (t_{Hi}, t) . При этом процесс наработки системы $\Omega(t)$ определяется равенством

$$\Omega(t) = N(t_{Hi}, t) - \int_{t_{Hi}}^{\tau(t_{Hi}, t)} k_i v(x) dx + \sum_{j=1}^{i-1+\chi_\tau(t_{Hi}, t)} B_j,$$

где $\tau(t_{Hi}, t)$ — момент последнего (к моменту t) разрушающего срыва выполнения СМР после момента t_{Hi} ; $\chi_\tau(t_{Hi}, t)$ - количество этапов СМР (из числа ранее выполненных), которые необходимо выполнять заново после срыва в момент $\tau(t_{Hi}, t)$; B_i —

длительность реализации i -го этапа СМР в идеальных условиях, когда отсутствует воздействие случайных факторов, т.е. «чистое» время реализации i -го этапа. В каждый момент времени t $\Omega(t)$ определяет реальный объем СМР, выполненный (во временном измерении) к моменту t . При этом учитываются все непроизводительные потери, связанные как со случайными простоями, так и с необходимостью повторной реализации определенных работ.

Для решения задачи прогнозирования временных характеристик выполнения СМР вводятся дополнительные обозначения: α_0 — интенсивность потока задерживающих срывов; α_1 — интенсивность потока разрушающих срывов (потоки срывов являются пуассоновскими); P_{ki} — вероятность того, что после разрушающего срыва во время выполнения k -го этапа работ его можно будет возобновить с i -го этапа ($i \leq k, k = 2, 3, \dots, n$); Ψ_{ki} — случайное время проведения соответствующих работ после разрушающего срыва, наступившего во время выполнения k -го этапа, причем такого, после которого процесс выполнения работ возобновляется с i -го этапа ($i \leq k, k = 2, 3, \dots, n$); Ψ_1 — продолжительность восстановительных работ, проводимых после разрушающего срыва, наступившего во время выполнения первого этапа; Ψ_0 — продолжительность соответствующих восстановительных работ, выполняемых после задерживающего срыва.

Процесс реализации n этапов работ развивается следующим образом. В случае задерживающего срыва (его интенсивность, как уже было отмечено выше, есть α_0) процесс реализации работ будет продолжаться с момента прерывания через случайное время (задержка случайной длительности) Ψ_0 . В случае разрушающего срыва на первом этапе (длительностью B_1) процесс реализации работ будет начат после завершения (т.е. с этапа B_1) соответствующих восстановительных работ через случайное время Ψ_1 . При этом на k -м этапе (длительностью B_k) с вероятностью P_{kk} процесс наработки системы $\Omega(t)$

возвращается к своему начальному уровню, достигнутому на этом этапе, и возобновится через случайное время Ψ_k , необходимое для восстановления системы; с вероятностью P_{ki} ($i = \overline{2, k-1}$) процесс $\Omega(t)$ возвращается к начальному уровню, достигнутому на этапе, предшествующем k -му, и возобновится через случайное время Ψ_{ki} , необходимое для выполнения восстановительных работ; с вероятностью P_{k1} (причем $\sum_{i=1}^k P_{ki} = 1$) процесс $\Omega(t)$ возвратится к нулевому уровню (т.е. к начальному уровню первого этапа) и будет возобновлен с этого уровня (т.е. с самого начала выполнения работ) через случайное время Ψ_{k1} , необходимое для выполнения восстановительных работ.

Представленная модель позволяет учесть все возможные взаимосвязи соответствующих этапов работ. При этом, полагая некоторые из вероятностей P_{ki} равными нулю, исключают возможность переходов между соответствующими этапами (т.е. возможность возобновления процесса наработки $\Omega(t)$ с начала i -го этапа после разрушающего срыва на k -м этапе).

Пусть β_1 — суммарное реальное время выполнения первого этапа работ (т.е. с учетом как задерживающих, так и разрушающих срывов и соответствующих потерь времени на выполнение необходимых восстановительных работ после них). Кроме того, пусть β_k ($2 \leq k \leq n$) — суммарное реальное время выполнения k -го этапа работ, т.е. с начала этого этапа работ до его полного завершения с учетом возможных задержек, срывов, повторного выполнения с начала какого-либо предшествующего i -го этапа, выполнения соответствующего k -го этапа либо всего объема работ заново, начиная с самого первого этапа.

Для нахождения функциональных соотношений, определяющих величины $\beta_i, i \geq 2$, использован метод введения дополнительного события Г. П. Климова [1, 2], что позволило получить рекуррентные формулы для соответствующих преоб-

разований Лапласа-Стилтьеса. Рекуррентные формулы для определения полного фактического среднего времени β_i реализации i -го этапа работ ($2 \leq i \leq n$), выражаются через параметры $\bar{\beta}_1, \bar{\beta}_2, \dots, \bar{\beta}_{i-1}$:

$$\bar{\beta}_i = (\exp\{\alpha_1 B_i / k_i\} - 1) \left[h_i \alpha_1^{-1} + \sum_{r=1}^{i-1} \bar{\beta}_r \sum_{j=1}^r P_{ij} \right], \quad (1)$$

где

$$h_i = 1 + \alpha_0 \bar{\Psi}_0 + \alpha_1 \sum_{j=1}^i P_{ij} \bar{\Psi}_{ij}.$$

Если $h_1 = 1 + \alpha_0 \bar{\Psi}_0 + \alpha_1 \bar{\Psi}_1$ и $\sum_{r=1}^0 \bar{\beta}_r \sum_{j=1}^r P_{1j} \equiv 0$, то соотно-

шение (1) можно использовать и при $i = 1$.

Теперь нетрудно найти суммарное реальное время выполнения всех заданных n этапов работ с учетом их взаимной зависимости, т.е. с учетом непроизводительных потерь времени на повторное выполнение отдельных этапов после снижающих наработку срывов. А именно, пусть случайная величина $\beta(n)$ обозначает такое суммарное время выполнения всех этапов работ. Тогда $\bar{\beta}(n) = \bar{\beta}_1 + \dots + \bar{\beta}(n)$, где величины $\bar{\beta}_i, 1 \leq i \leq n$, определяются рекуррентными соотношениями (1), а

$$\bar{\beta}(n) = \sum_{i=1}^n (\exp\{\alpha_1 B_i / k_i\} - 1) \left[h_i \alpha_1^{-1} + \sum_{r=1}^{i-1} \bar{\beta}_r \sum_{j=1}^r P_{ij} \right]. \quad (2)$$

Ниже описаны интересные для практического приложения частные случаи определения прогнозных оценок реального времени выполнения заданного объема работ.

Схема 1. Разрушающие срывы оказывают влияние только в пределах выполняемого в этот момент этапа. Для такой схемы следует положить:

$$а) \quad \forall (i | 1 \leq i \leq n), P_{ii} \equiv 1 \quad б) \quad \forall (i | 1 \leq i \leq n) \quad \forall (j < i) P_{ij} \equiv 0 \quad и$$

соотношение (2) упростить:

$$\bar{\beta}(n) = \sum_{i=1}^n h_i \alpha_1^{-1} (\exp\{\alpha_1 B_i / k_i\} - 1),$$

где

$$h_i = 1 + \alpha_0 \overline{\Psi}_0 + \alpha_1 \overline{\Psi}_{ii}.$$

Схема 2. При разрушающем срыве процесс наработки системы $\Omega(t)$ всегда возвращается к исходному нулевому уровню, т. е. после соответствующих восстановительных работ необходимо весь фронт работ начинать заново с первого этапа. В этом случае принимается:

$$\text{а) } \forall (i|1 \leq i \leq n), P_{ii} \equiv 1 \quad \text{б) } \forall (i|1 \leq i \leq n) \quad \forall (j \neq i) P_{ij} \equiv 0$$

Тогда соотношение (2) с учетом всех непроизводительных временных потерь после несложных, но громоздких преобразований примет следующий вид:

$$\overline{\beta}(n) = \sum_{i=1}^n h_i \alpha_1^{-1} (\exp\{\alpha_1 B_i / k_i\} - 1) \prod_{j=i+1}^n (\exp\{\alpha_1 B_j / k_j\} - 1),$$

где $h_i = 1 + \alpha_0 \overline{\Psi}_0 + \alpha_1 \overline{\Psi}_{ii}$. при $\prod_{j=n+1}^n (...) \equiv 1$ для всех $n \geq 1$.

Схема 3. В результате разрушающего срыва, либо процесс наработки системы $\Omega(t)$ возвращается к нулевому исходному уровню (т.е. к началу первого этапа работ), либо этот фактор оказывает влияние в пределах выполняемого этапа. Другими словами, после разрушающего срыва выполнение работ можно будет продолжить либо с начала соответствующего этапа, на котором произошел срыв, либо с начала первого этапа. В случае такой схемы следует положить: а) $\forall (i|1 \leq i \leq n), P_{ii} \neq 0$ б)

$$\forall (i|1 \leq i \leq n) \quad \forall (j \neq i, j \neq 1) P_{ij} \equiv 0$$

$$\text{в) } \forall (i|1 \leq i \leq n) \quad \forall (j = 1), P_{i1} \neq 0.$$

Тогда соотношение (2) для $\overline{\beta}(n), n \geq 2$, примет следующий вид:

$$\overline{\beta}(n) = \sum_{i=1}^n h_i \alpha_1^{-1} (\exp\{\alpha_1 B_i / k_i\} - 1) \prod_{j=i+1}^n (\exp\{\alpha_1 B_j / k_j\} - 1),$$

где $h_i = 1 + \alpha_0 \overline{\Psi}_0 + \alpha_1 (P_{ii} \overline{\Psi}_{ii} + P_{i1} \overline{\Psi}_{i1})$ при $\prod_{j=n+1}^n (...) \equiv 1$ $n \geq 1$.

В общем случае не делается никаких дополнительных

предложений относительно вероятностей P_{ij} . Применяя формулу (1), соотношения для $\overline{\beta}_i$ можно записать в более удобном для использования виде. Пусть

$$A_i = h_i \alpha_i^{-1} (\exp\{\alpha_i B_i / k_i\} - 1), \quad B_{ij} = \sum_{k=1}^j P_{ik} (\exp\{\alpha_i B_i / k_i\} - 1),$$

$j < i \leq n$.

Тогда соотношение (1) после реализации рекуррентных вычислительных процедур принимает следующий вид:

$$\overline{\beta}_i = A_i + \sum_{r=1}^{i-1} A_r \left(\sum_{\substack{m=1 \\ k_1 > k_2 > \dots > k_m \\ k_1 < i, k_m = r}}^{i-1} B_{ik_1} \cdot B_{k_1 k_2} \cdot \dots \cdot B_{k_{m-1} k_m} \right),$$

а

$$\overline{\beta}(n) = \sum_{i=1}^n A_i + \sum_{i=2}^n \sum_{r=1}^{i-1} A_r \left(\sum_{\substack{m=1 \\ k_1 > k_2 > \dots > k_m \\ k_1 < i, k_m = r}}^{i-1} B_{ik_1} \cdot B_{k_1 k_2} \cdot \dots \cdot B_{k_{m-1} k_m} \right)$$

с учетом всех непроизводительных потерь из-за срывов.

Полученное соотношение является решением задачи оценки среднего фактического времени выполнения произвольного числа взаимоувязанных этапов строительно-монтажных работ в условиях возмущающих воздействий с учетом непроизводительных потерь, связанных со срывами во время выполнения заданного объема работ.

Список использованной литературы:

1. Мельник В.В. Методи та моделі прийняття рішень в аналізі та аудиті / Ю.Г. Лега, В.М. Яценко, В.В. Мельник // . – Черкаси. - 2008.
- 2.. Вовк В.М. Математичні методи дослідження операцій в економіко-виробничих системах. – Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, - 2007р.
3. Попов И.И. Информационные ресурсы и системы реализация, моделирования, управление. М.: ТПК «Альянс», 2006.
4. Бродецкий Г. Л. Эффективность запоминания промежуточных результатов в системах с отказами, разрушающими информацию / Г.Л. Бродецкий //Техническая кибернетика.—

1978.—№ 6.

РОЗДІЛ III. ІННОВАЦІЙНІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В БІЗНЕСІ Й ОСВІТІ

ИННОВАЦИОННЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МОДЕРНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ

П.И.Деревяга

г.Астана, Евразийский национальный университет
имени Л.Н.Гумилева

Сегодня цель и смысл социальной модернизации состоит в том, чтобы подготовить общество к жизни в условиях новой индустриально-инновационной экономики, найти оптимальный баланс между форсированным экономическим развитием Казахстана и широким обеспечением общественных благ, утвердить социальные отношения, основанные на принципах права и справедливости.

У государства есть два главных ресурса для реализации функций и полномочий госорганов – это кадры и финансы[1]. Повышение роли кадровых служб является необходимым шагом. Отбором, продвижением кадров и оценкой деятельности госслужащих в первую очередь должны заниматься именно они. С развитием информационных технологий к ним добавился и такой третий ресурс как опыт казахстанского е-правительства, которое, согласно рейтингу ООН, занимает 38 место в мире по индексу развития. Среди государств СНГ это - вторая позиция после России (27 место в мире). В ближайшее время будет выпущено мобильное приложение eGov.kz, а до конца 2013 года все социально-значимые услуги в республике переведут в электронный формат.

Фундаментальной базой стратегии развития информатизации образования является электронное обучение, которое в мировой практике рассматривается механизмом перехода на новую парадигму обучения как инфокоммуникационного взаимодействия субъектов образовательного процесса на основе интеграции педагогических и информационно-коммуникационных технологий[2].

Наблюдается смещение центра интереса к информации — от научно-технической к экономической, финансовой и право-

вой информации. При этом пока нет понимания того, что управление созданием информационных ресурсов государственных органов и организаций, их использование - отдельная сфера, требующая особого внимания.

Отмечаются следующие проблемы современного информационного общества:

- отсутствие ориентации создаваемых органами власти информационных ресурсов на массовое информационное обслуживание населения по вопросам, связанным с деятельностью этих органов;

- отсутствие законодательных механизмов регулирования правовых отношений в области государственных информационных ресурсов;

- отсутствие координации создания государственными и региональными органами государственной власти информационных фондов и баз данных о юридических и физических лицах и правоотношениях между ними. Это отрицательно отражается на полноте и актуальности этих ресурсов и приводит к значительному дублированию работ по их созданию и ведению;

- недооценка экономической значимости созданных государственных информационных ресурсов. Следствием этого является неполнота, а нередко и полное отсутствие бухгалтерского учета этих ресурсов в организациях и на предприятиях. Полного реестра созданных и действующих в стране государственных информационных ресурсов пока нет.

Решение перечисленных проблем требует выработки общегосударственных, согласованных решений в области управления государственными информационными ресурсами на основе четко сформулированной государственной информационной политики.

На сегодняшний момент электронное обучение в Казахстане начинает превращаться в эффективный инструмент развития образования, повторяя путь, пройденный в США и Европе на порядок раньше. E-learning (электронное обучение) признается мощным средством управления образовательным процессом.

Электронное обучение, по одному из определений, это обучение с использованием компьютеров и компьютерных се-

тей. В отличие от дистанционного обучения (например, с отправкой материалов по почте), e-learning, как его называют на западе, использует все преимущества современных ПК: графику, звук, трехмерные сцены и анимации, виртуальные тренажеры и т.д. В отличие от компьютерного обучения (СВЕ, computer-based training, когда пользователь работает один на один с ПК), электронное обучение подразумевает использование сетевых возможностей; передачу результатов обучения руководителю и сотрудникам учебной части, возможности совместной работы, консультаций и обсуждения, обмен опытом, поддержку преподавателя, и многое другое.

Выделяют три основные составляющие электронного обучения: методика (или модель) обучения, система управления обучением (LMS) и электронные курсы. В том или ином виде все эти компоненты присутствуют на данный момент в большинстве представленных на рынке продуктов для организации электронного обучения.

Методика или модель построения обучения - это вся совокупность целей и задач обучения, вытекающих из них требований к системе и курсам, правил и ограничений на процесс внедрения, метрик оценки эффективности и возврата инвестиций, если они имелись. Обычно, методика электронного обучения разрабатывается образовательными учреждениями в сотрудничестве с поставщиком решений в этой области.

Системы управления обучением (или системы дистанционного обучения - СДО) на данный момент являются уже достаточно хорошо проработанными программами, устанавливаемыми на сервере в локальной сети компании или в Интернет. Такие системы предлагают как казахстанские, так и зарубежные разработчики. Основные задачи СДО - хранение и доставка обучаемым электронных курсов, автоматизация тестирования, формирование отчетов о результатах обучения. Качественные системы ДО также дают сотрудникам образовательных учреждений возможности самостоятельно создавать электронные учебные курсы, использовать в процессе обучения уже существующие в ВУЗах (школах) документы, вести базу знаний, проводить автоматическую аттестацию студентов, интегрировать СДО с системами учета студентов и многое другое.

Электронный курс - это объект в системе электронного

обучения, являющийся основным носителем знаний компании. Он представляет собой структурированный материал по той или иной теме, решающий заранее определенные задачи обучения. Известно, что эффективность электронного курса может во много раз превышать эффективность печатных документов. Анимации, виртуальные ролевые игры, интерактивные модели и тренажеры, имитаторы оборудования и целые трехмерные миры помогают наглядно и увлекательно донести до студента знания и умения там, где чтение текста, как правило, имеет малый эффект.

Итак, электронное обучение становится одной из распространенных технологий обучения. Более того, многие западные учебные заведения, имеющие функционирующие системы электронного обучения считают это важным конкурентным преимуществом.

Для реализации подобного проекта перед администрацией и преподавателями учебного заведения рано или поздно встает известный вопрос:

- следует ли потратить финансовые средства и купить одну из коммерческих систем электронного обучения (СЭО) высокого качества и немедленно приступить к разработке современных сетевых курсов;

- потратить человеко-годы на разработку собственной СЭО;

- взять за основу СЭО основанную на открытом исходном коде и свободно распространяемую, а затем приступить к разработке курсов.

На сегодняшний момент вариант с разработкой собственных систем не кажется таким привлекательным. Сегодня есть множество вариантов свободно распространяемых СЭО с достаточно большим функционалом. Как правило, за разработку собственных систем берутся очень крупные компании с перспективой дальнейшей продажи наработок в этой области. Наиболее правильным для большинства учебных заведений будет выбор между коммерческими и свободно распространяемыми СЭО. К тому же было бы важным проведение взаимобмена такими разработками и кооперирование усилий по совместным разработкам СЭО, а также вполне возможна специализация отдельных учебных заведений, на базе которых разрабатыва-

лись и апробировались начальные образцы.

Доминирующей тенденцией в современном образовании стал процесс активной интеграции. Она открывает новые горизонты, возможности быстрого получения информации и разнообразных знаний, обмена технологиями, использования преимуществ международного разделения труда, производственной кооперации, рационального перераспределения ресурсов, в том числе и трудовых. В непосредственное взаимодействие приходит социальная политика различных стран, обладающих неодинаковым социальным опытом и непохожими национальными традициями. В то же время углубление производственной и технологической кооперации, создание совместных предприятий служат основой формирования общемировых стандартов производственной культуры, управленческих систем и приводят к неизбежному выравниванию уровней образования и профессиональной подготовки, к унификации стандартов образования и производственных условий в разных странах.

Эффективное использование знаний и способность их воплощения в новые товары и услуги превратились в важнейший фактор выживания и главное условие развития уже в информационном обществе. Тем более возрастает значимость этого фактора в период становления общества знания. Развитие мировой экономики и мирового бизнеса во все большей степени зависит от возможности своевременно получать внешнюю информацию и умения обрабатывать внутреннюю информацию — как данные, воплощенные в факты, так и знания, воплощенные на разных уровнях в закономерности, правила, взаимосвязи и т.д.

Широкое внедрение информационных и коммуникационных технологий объединило весь мир в единую сеть, благодаря чему знания на макроуровне перестали быть традиционным преимуществом только передовых экономик, но стали доступными и всем прочим мировым акторам, способным руководить этим мощнейшим ресурсом. По мере возрастания роли знаний на микроуровне как стратегического ресурса конкурентоспособности компании, адекватные информационному обществу стратегии — такие, как стратегии управления взаимоотношениями с клиентами (CRM), всеобщего управления

качеством (TQM), реинжиниринга бизнес-процессов (BPR) и др., — теряют остроту актуальности. На передний план все более явно, в зависимости от уже достигнутого уровня информационного общества и уровня становления общества знания, выдвигается стратегия управления знаниями. В условиях стремительных глобальных изменений, снижения «тирании» географических расстояний и привязанности к заданной структуре организации управление знаниями во все большей степени обеспечивает адаптацию и сохранение компетенций. Помимо осознания роли когнитивного ресурса для экономики в целом и для отдельного предприятия еще одним фактором повышенного внимания к управлению знаниями со стороны теоретиков и практиков на всех уровнях управления является постоянно растущие объем и разнородность необходимой для управления информации, которую становятся все труднее освоить.

В 1980-х годах в стратегическом управлении доминировал подход, основанный на теории стратегического позиционирования, в соответствии с которой разработка стратегии концентрировалась на исследовании рынка и структуры отрасли. Передовые для 1980-х годов концепции менеджмента (например, «теория Z» У. Оучи, модель «7-S» Т. Питерса и Р. Уотермена) подчеркивали организационные отличия лучших компаний, отвергнувших тогда механистические методы традиционной школы управления, авторитет которой резко упал.

С конца 1980-х годов получило распространение мнение, что реальными факторами конкурентоспособности являются внутренние ресурсы и способности организации, включая явные и неявные знания. К началу XXI века это мнение заняло главенствующие позиции в теории и практике управления. Этому способствовали ускорение научно-технического прогресса и распространение информационных технологий, обусловивших высокую динамику рынков и их глобализацию, что и привело к повышению значимости внутренних ресурсов для развития фирмы, и прежде всего ее нематериальных активов как стратегических ресурсов. Это нашло отражение в разработке ресурсной теории, существовавшей сначала «на равных» с неоклассической теорией, теорией трансакционных издержек, теорией эволюционной экономики, но в последние годы выдвинувшейся на передний план. Отличительной чертой ре-

сурсной теории, позволившей ей в начале XXI века занять ведущие позиции, является ее концентрация на исследовании человеческих ресурсов, интеллектуального капитала и знаний, а не материальных ресурсов. Роль этих внутренних факторов успеха увеличивалась по мере разработки более поздних концепций всеобщего управления качеством, реинжиниринга бизнес-процессов, обучающейся организации. Как следствие организационных различий в структуре ведущих компаний мирового бизнеса, появилась теория управления знаниями, для которой характерны междисциплинарность и стремительный рост.

Разработки теории управления знаниями (knowledge management, КМ) в РК находится на начальной стадии, в то время как в ведущих западных странах эта концепция сформировалась в начале 1990-х годов и постепенно стала превращаться в одну из основных концепций управления, поддерживающих современные тенденции развития экономики и бизнеса, наряду с такими концепциями управления, как «процессный подход», всеобщее управление качеством, совершенствование и реинжиниринг бизнес-процессов, электронная коммерция и электронный бизнес, методология сбалансированной системы показателей, информационные порталы. К настоящему времени в теории КМ передовых стран уже сложились устойчивые представления о теоретических и прикладных аспектах, построенных вокруг того факта, что в условиях постоянного увеличения в стоимости продуктов и услуг удельного веса так называемой «незримой собственности» (знаний, нематериальных активов) отсутствие эффективного КМ ведет к тому, что все большая часть этой «незримой собственности» управляется неэффективно и бессистемно. Общеизвестно, что в ближайшее время КМ станет «пропуском в лидеры», технологией mainstream, т.е. ключевой технологией, определяющей парадигму менеджмента в целом. При этом основная функция управления знаниями состоит не в снижении затрат, а в существенном усилении конкурентного преимущества для внедривших его компаний и всей экономики. Только такая трактовка КМ может объяснить роль управления знаниями в качестве ключевой технологии, определяющей парадигму менеджмента.

Истинную значимость управления знаниями в современ-

ном мире можно понять, рассмотрев эволюцию базовых концепций менеджмента, направленных на поиск «корней успеха». Начальной базовой концепцией считается финансово-ориентированный менеджмент, который существовал длительное время в эпоху рынка производителя. При переходе к рынку покупателя его заменил маркетинг-менеджмент, в котором определяющей идеологией управления стал маркетинг. На смену маркетинг-менеджменту пришел менеджмент качества, который предполагает выстраивание бизнеса на основе идеологии качества, в том числе качества организации и совершенствования процессов деятельности, направленной на удовлетворение правильно идентифицированных потребностей клиентов. Переход к экономике знаний и к управлению знаниями произошел, когда начался поиск основы для более точной и быстрой идентификации как потребностей клиентов, так и оптимальной организации бизнес-процессов.

Относясь к финансовым показателям как к итогам деятельности, сбалансированная система показателей (balanced scorecard, BSC) ориентирует компанию на упреждающий контроль бизнеса: кроме финансовых вводятся показатели маркетинга, уровня организации и качества процессов, показатели потенциала роста и развития бизнеса, отражающие уровень управления знаниями в компании. При этом основное направление причинно-следственной связи между составляющими сбалансированной системы показателей соответствует рассмотренной выше последовательности смены базовых концепций менеджмента: финансовые показатели являются следствием успешной деятельности на рынке, рыночный успех - следствием качества организации бизнес-процессов, последнее - следствием развития корпоративных знаний и мотивации персонала на всех уровнях компании.

Таким образом, цели, показатели и задачи » области управления знаниями лежат на глубинном уровне, создавая прочный фундамент успеха компании, а упреждающий контроль бизнеса, задаваемый сбалансированной системой показателей, предписывает постоянно планировать и отслеживать тенденции развития компании. В целом, КМ — это область, находящаяся на пересечении трех дисциплин: управления бизнесом, наук об информации и гуманитарных наук.

Внедрение современных технологий (управленческих или информационных) имеет цель получить преимущества, а не сократить расходы. Предполагается, что подобные системы вносят активный вклад в создание добавленного качества образовательной организации и интенсифицируют в значительной мере процесс передачи и накопления знаний, способствуя тем самым повышению уровня человеческого капитала и его эффективной реализации на практике.

Список использованной литературы:

1. Алихан Байменов: Главный критерий-профессионализм и эффективность//Казахстанская правда, 12 апреля 2012 года
2. Стратегия развития АО «Национальный центр информатизации» на 2011 – 2020 годы. <http://www.nci.kz/ru/content/strategiya-razvitiya-ao-nacionalnyy-centr-informatizacii-na-2011-2020-gody>

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДТРИМКИ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ СТРАТЕГІЧНОГО І ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ

Г.О.Чорноус
м.Київ, Київський національний університет
імені Тараса Шевченка

В умовах глобалізації економіки, необхідності швидкої зміни політики діяльності економічних суб'єктів у відповідь на турбулентні зміни ринкової кон'юнктури, важливості врахування при прийнятті рішень величезного обсягу інформації, що надходить з різних джерел, особливої актуальності набувають питання розробки адекватних інструментальних засобів підтримки прийняття рішень в соціально-економічних системах (СЕС), як важливого фактору підвищення конкурентоспроможності таких систем у світовому економічному просторі.

Нині існує нагальна потреба у впровадженні в управлінські процеси такого економіко-математичного інструментарію, що дозволить в повному обсязі врахувати реалії сучасного світу та ґрунтуватиметься на інтелектуальному аналізі даних (ІАД) і новітніх інформаційних технологіях.

Зростаюча складність системного середовища призвела до виникнення тісного динамічного зв'язку між оперативним та стратегічним управлінням, їх взаємовпливу.

Оперативне управління, що базується на даних моніторингу, покликане реалізувати цілі і стратегії системи. Але його результати в зв'язку з турбулентними змінами в зовнішньому середовищі можуть виявитись неадекватними цим змінам і потребуватимуть рішення про зміну стратегій або навіть цілей СЕС з наступною їх реалізацією. Зміна стратегій призводить до змін в оперативному управлінні. Тому в сучасних системах управління, що широко використовують новітні інформаційні технології, намагаються об'єднати реалізацію оперативного і стратегічного управління [1].

Відповідні системи мають реалізовувати такі функції:

- забезпечення взаємопов'язаності потоків інформації між різними рівнями системи управління СЕС;
- аналіз результатів моніторингу;

- обґрунтування характеру і величини стратегічних та оперативних впливів, їх реалізація;
- визначення ефективності оперативних впливів щодо реалізації обраної стратегії;
- оцінка успішності реалізації стратегії в досягненні поставленої мети;
- забезпечення підтримки зміни стратегії у випадку неможливості досягнення мети за допомогою поточної стратегії, а також при виникненні загроз або можливостей;
- забезпечення підтримки зміни мети, якщо досягнення поставленої раніше мети стає нереальним або не вигідним;
- обґрунтування характеру стратегічних рішень, що реалізують виконання мети в указаних межах;
- формування параметрів стратегічних рішень на основі оцінок ефективності оперативних впливів;
- визначення характеру і величини оперативних впливів в залежності від оцінок ефективності реалізації стратегій;
- забезпечення модифікації мети, стратегії та оперативних впливів в залежності від ефективності їх застосування.

Виконання таких функцій забезпечує реалізацію однієї з найважливіших складових модернізації методики ухвалення управлінських рішень – уміння оперативно вжити ефективних заходів за умов несподіваної зміни інформаційної обстановки з використанням сучасних комп'ютерних технологій. При цьому швидкість і адекватність прийняття рішень, а також їх реалізація повинна відповідати швидкості і глибині змін, що відбуваються.

Виходячи з проведеного аналізу існуючих систем підтримки прийняття рішень в СЕС різного рівня, можна зробити висновок про наявність низки недоліків на методологічному, методичному, модельному та прикладному рівнях, а саме:

1. Розрізненість джерел збору, обробки і аналізу даних про діяльність системи не забезпечує взаємопов'язаності потоків інформації між різними рівнями системи управління, отже, не забезпечує цілісність системи управління.

2. Оцінка ефективності операційної діяльності слабко пов'язана з оцінкою ефективності стратегій та цілепокладання.

3. Процедури діагностики ситуацій ускладнюються через значну кількість даних, що характеризують систему.

4. Відсутній єдиний методологічний підхід, а також комплекс взаємопов'язаних економіко-математичних моделей та методів підтримки взаємозв'язку між стратегічним і оперативним управлінням в СЕС.

Складність підтримки процесів прийняття рішень в СЕС полягає в тому, що, по-перше, стратегічні і операційні показники не об'єднані в єдиній структурі, по-друге, на ранніх стадіях проблеми дані моніторингу про зміни ефективності діяльності системи мають фрагментарний характер, по-третє, людські можливості з освоєння обсягів інформації, що стрімко зростають, є вкрай обмеженими. Звідси випливають такі задачі: забезпечення вертикальної спадкоємності між стратегічними та операційними показниками; відновлення цілісної картини ситуації і обстановки на основі фрагментарних даних та надання їй якісної інтерпретації з позиції впливу на стан системи в процесі її розвитку; передача окремих інтелектуальних функцій інформаційним системам для видобування знань з великих масивів накопичуваних даних.

Метою даного дослідження є розробка механізму підтримки процесів прийняття стратегічних і оперативних рішень, що втілює в собі принципи збалансованих систем стратегічного вимірювання для забезпечення повноцінності управління, а в якості інструментарію використовує ІАД, на засадах проактивного управління СЕС.

В останні роки в роботах найбільших теоретиків управління, перш за все П. Друкера, С. Кові та інших, акцентується на необхідності переходу від гнучкого адаптивного пристосування організацій до умов зовнішнього середовища до активного, ініціативного впливу на середовище, до моделі проактивної поведінки [2, 3]. Адаптивність, пристосування, гнучкість, взяті самі по собі, це лише реакція на зміну навколишніх умов, це рух «за течією». Така поведінка позбавляє організацію ініціативи, а планування, здійснюване в такому ключі, – позбавляє її дійсної перспективи, стратегічних орієнтирів.

Використання концепції проактивного управління забезпечує оперативне виявлення і оцінку можливих проблем або потенційних можливостей з наступною реалізацією відповідних управлінських заходів [4]. Зважаючи, що суть проактивної поведінки полягає в досягненні поставлених цілей через активний

вплив на зовнішнє середовище, цей підхід до управління неможливо реалізувати без інтеграції між стратегічним і оперативним рівнями, адже вибудовування цілей відбувається на стратегічному рівні, а їх реалізація здійснюється через ефективні оперативні управлінські впливи.

Проактивне управління охоплює всі рівні ієрархії керування СЕС: стратегічний (визначення місця системи в зовнішньому середовищі та цілепокладання), тактичний (підготовка управлінських рішень з реалізації стратегії та ресурсне забезпечення реалізації відповідних заходів), оперативний (забезпечення індивідуальної діяльності з реалізації окремих завдань). На стратегічному рівні визначаються цілі, досліджуються сценарії можливого розвитку системи та розробляються відповідні управлінські стратегії, на тактичному рівні стратегії доповнюються необхідним організаційним та ресурсним забезпеченням і трансформуються в комплекси взаємопов'язаних заходів, а на оперативному рівні реалізується виконання окремих заходів.

При цьому проактивне управління, як управління, що покликане ініціювати зміни, особливо зосереджене на реалізації таких типів управлінських рішень як загальні стратегічні або цілепокладаючі (визначення актуальних цілей системи), локальні стратегічні (визначення ефективної стратегії, що відповідає меті і підкріплена можливостями її реалізації) та оперативні рішення (визначення оперативних впливів, що відповідають обраній стратегії).

Згідно з сучасними теоріями економічних систем [5, 6], функціонування СЕС можна представити через взаємодію чотирьох підсистем різних типів (об'єкт, проект, процес, середовище), що пов'язано із забезпеченням балансу просторово-часового та енергетичного ресурсів:

$$S = (S_o, S_p, S_{pr}, S_c, E(S_i), F_s, A_s),$$

де S_o, S_p, S_{pr}, S_c – підсистеми об'єкту, проекту, процесу, середовища відповідно, $E(S_i)$ – структурні елементи цих підсистем, F_s – закони функціонування підсистем та системи в цілому; A_s – алгоритми (механізми) функціонування підсистем та системи в цілому.

Стійкість конфігурації «об'єкт – проект – процес – середовище» та ефективний обмін ресурсами відповідних підсистем

пов'язана з прийняттям цілепокладаючих, стратегічних та оперативних рішень. Оперативні рішення впливають на зміни в середовищній підсистемі, локальні стратегічні – на зміни процесної підсистеми. Після прийняття цілепокладаючого рішення змінюється проект для даного об'єкту і підсистеми створюють нову клітинку, здатну до автономного розвитку.

Розглядаючи СЕС в такому поданні, доцільно на рівні її проектної підсистеми досліджувати глобальні проблемні ситуації, що потребують цілепокладаючих рішень, на рівні процесної підсистеми – стратегічні проблемні ситуації, що вимагають локальних стратегічних рішень, і, нарешті, на рівні середовища – оперативні проблемні ситуації, що потребують оперативних рішень.

Інформаційна підтримка стратегічного та оперативного управління реалізується на основі аналізу результатів моніторингу наявної інформації.

Серед основних вимог, що висуваються до системи моніторингу СЕС в контексті розв'язання завдань проактивного управління, є здатність забезпечити потрібним обсягом інформації різні рівні управлінської ієрархії відповідно до їхніх потреб у динаміці. Особливість такої системи полягає у комплексному охопленні всіх сфер діяльності СЕС з урахуванням впливу факторів внутрішнього і зовнішнього середовища з метою вироблення оптимальних варіантів цілепокладаючих, стратегічних та оперативних управлінських рішень. Для цього система моніторингу має працювати в режимі реального часу, спрямовуватися на постійне (неперервне) відстеження економічної інформації з метою виявлення загроз і можливостей діяльності СЕС. Ефективність функціонування такої системи буде забезпечена лише тоді, коли набір відстежуваних показників буде достатнім для повноти відображення наявної ситуації.

Для реалізації таких вимог доцільно розробити і досліджувати образ системи – модель, що складається з заданих значень характеристик точок контролю, які відтворюють зміст ситуації та призначені для реалізації інформаційного розпізнавання ситуацій [7]. Образ СЕС має втілювати цілісне уявлення про систему, представлене через підсистеми проекту, процесу та середовища.

Накопичений позитивний досвід з застосування різних ме-

тодів аналізу ефективності і визначення стану системи дозволяє запропонувати використовувати методики розробки збалансованих систем стратегічного вимірювання при визначенні точок контролю та характеристик вимірювання в СЕС для формування її образу.

Останні десятиліття демонструють багато підходів, моделей і методів аналізу ефективності і визначення стану системи. Це і Tableau de bord («Бортове табло»), і Performance Measurement in Service Business («Вимірювання результатів підприємств сервісу»), і ProMES (Productivity Measurement and Enhancement System – «Система вимірювання і підвищення продуктивності»), і Performance Pyramid («Піраміда результатів»), і BSC (Balanced Scorecard – «Система збалансованих показників») та інші [8]. Одним із останніх нововведень є TPS (Total Performance Scorecard – «Універсальна система показників діяльності») [9]. Деякі з цих систем, наприклад BSC, претендують на універсальність, оскільки використовують переваги попередніх і здатні розв'язати максимальний набір завдань (в тому числі стратегічне планування, охоплення всіх сфер діяльності, моделювання, план-фактний аналіз, мотивація тощо).

Процедури моніторингу СЕС включають формування та аналіз її образу з наступним висновком про необхідність зміни цілей, стратегій та оперативних дій, тому точки контролю мають бути сформовані так, щоб максимально забезпечити однозначною і несуперечливою інформацією формування образів проекту, процесу та середовища.

Загальна стратегія розвитку системи охоплює різні сфери управління її діяльністю та містить цілі, завдання і специфікацію заходів їх реалізації. Управлінські процеси в межах загальної стратегії ST розподіляються на m частинних стратегій розвитку ST^i , $i = \overline{1, m}$. Ці частинні стратегії певним чином пов'язані з напрямками відстеження DR^j , $j = \overline{1, n}$.

Проблема різноманітності і великої кількості процесів в СЕС може бути розв'язана за рахунок їх поєднання в достатньо загальні і відмінні одну від одної групи – напрями відстеження, які можуть співпадати або поєднуватися в розроблюваних в системі стратегіях розв'язання управлінських завдань. Згруповані відносно певної частинної стратегії результати відстеження діяльності СЕС дозволяють оцінити її ефективність. Глоба-

льні для СЕС проблемні ситуації ведуть до зміни її цілей та частинних стратегій.

Для кожного напрямку відстеження j формується набір точок контролю $CP_k^j, j = \overline{1, n}, k = \overline{1, r^j}$. Точка контролю – це певний процес, об’єкт або функція в системі, що потребує регулярного проведення процедури вимірювання і виявлення відхилень. Їх кількість за кожним напрямом повинна бути обґрунтованою, виходячи з важливості того чи іншого об’єкту, процесу або функції, який вони відображають.

Для кожного напрямку відстеження характерні власні точки контролю, при цьому для різних напрямів може бути різна кількість точок контролю. Також певна точка контролю може бути віднесена до кількох напрямів відстеження діяльності системи.

Кожна точка контролю – це набір характеристик, що відображають в сукупності зріз стану певного об’єкту, процесу або функції: $CP_k^j = (x_1^{kj}, x_2^{kj}, \dots, x_{p_{kj}}^{kj})$. Розглядаючи характеристики x_l^{kj} , потрібно зазначити, що для різних точок контролю можливе використання однакових характеристик.

Виходячи з вищенаведеного, моделі (образи) середовища, процесу і проекту можна представити так.

Образ середовища $S(t)$ моделюється за поточними даними, що включають як фінансові, так і нефінансові характеристики:

$$S(t) = \{\vec{\alpha}(t), \vec{\beta}(t), \vec{\gamma}(t)\},$$

де $\vec{\alpha}(t) = (\alpha_j DR^j(t), j = \overline{1, n})$;

$\vec{\beta}(t) = (\beta_k CP_k^j(t), k = \overline{1, r^j}, j = \overline{1, n})$,

$\vec{\gamma}(t) = (\gamma_l x_l^{kj}(t), l = \overline{1, p_{kj}}, k = \overline{1, r^j}, j = \overline{1, n})$; $\alpha_j, \beta_k, \gamma_l$ –

коефіцієнти важливості j -го напрямку відстеження, k -ої точки контролю, l -ої характеристики точки контролю відповідно;

$t = t_g^{ikj}$ – момент g відстеження l -ої характеристики k -ої точки контролю в межах j -го напрямку, $g \in G$.

Образ процесу $AS(t)$ будується за даними середнього періоду тривалості, характеристики – агреговані фінансові:

$$AS(t) = \{\vec{\alpha}(t), \vec{\beta}(t), \vec{\gamma}(t)\},$$

де $\vec{\alpha}(t) = (\alpha_j DR^j(t), j = \overline{1, n})$,

$\vec{\beta}(t) = (\beta_k CP_k^j(t), k = \overline{1, r^j}, j = \overline{1, n})$,

$\vec{\gamma}(t) = (\gamma_l^i x_l^{kj}(t), l \in \{1, 2, \dots, p_{kj}\}, k = \overline{1, r^j}, j = \overline{1, n})$; $\alpha_j, \beta_k, \gamma_l^i$

– коефіцієнти важливості j -го напрямку відстеження, k -ої точки контролю, l -ої характеристики точки контролю відповідно;

$t = t_g^{kj}$ – момент g відстеження k -ої точки контролю в межах j -го напрямку, $g = \overline{1, G}$.

Образ проекту $PR(t)$ моделюється за допомогою агрегованих фінансових показників, що відповідають набору частинних стратегій $ST^i, i = \overline{1, m}$, пов'язаних з напрямками відстеження $DR^j, j = \overline{1, n}$; та експертних оцінок реалізації стратегій U :

$$PR(t) = (ST(t), U(t)),$$

$ST(t) = \{\vec{\alpha}(t), \vec{\beta}''(t), \vec{\gamma}''(t)\}$, де $\vec{\alpha}(t) = (\alpha_j DR^j(t), j = \overline{1, n})$;

α_j – коефіцієнт важливості j -го напрямку відстеження, якщо $ST^i = DR^j, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}, m = n$, або в іншому випадку,

$\vec{\alpha}(t) = (\alpha_j'' f(DR^j(t)), j = \overline{1, n})$; α_j'' – коефіцієнт важливості j -

го напрямку відстеження,

$\vec{\beta}''(t) = (\beta_k'' CP_k^j(t), k \in \{1, 2, \dots, r^j\}, j = \overline{1, n})$; β_k'' – коефіцієнт

важливості k -ої точки контролю,

$\vec{\gamma}''(t) = (\gamma_l^i x_l^{kj}(t), l \in \{1, 2, \dots, p_{kj}\}, k = \overline{1, r^j}, j = \overline{1, n})$; γ_l^i –

коефіцієнт важливості l -ої характеристики точки контролю,

$t = t_g^j$ – момент g відстеження j -го напрямку, $g \in G$.

Подальший аналіз сформованих образів пов'язаний з реалізацією процедури ідентифікації стану СЕС з наступним висновком про необхідність зміни цілей, стратегій та оперативних дій (рис.1).

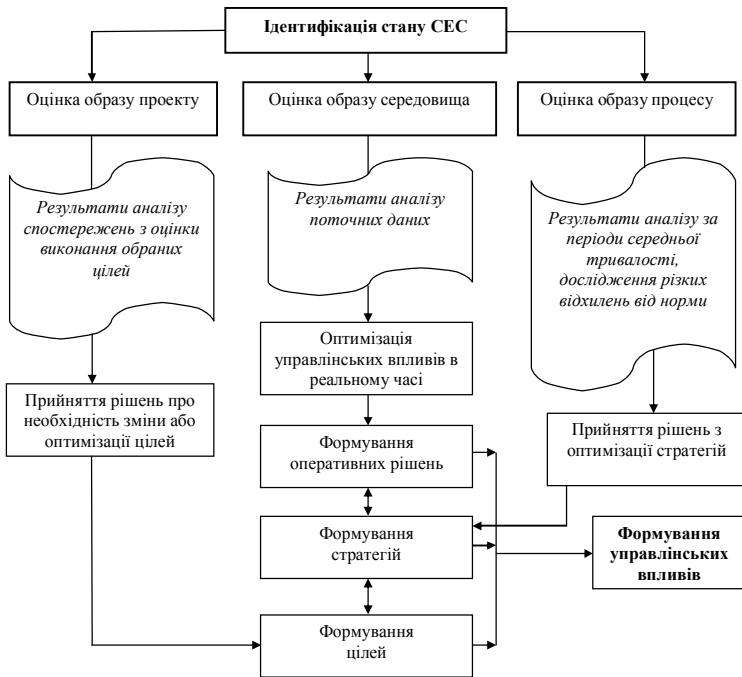


Рис.1. Зв'язок процесу ідентифікації стану СЕС та прийняття відповідних типів рішень

Обґрунтування конкретного управлінського впливу зводиться до вибору відповідної моделі з метою прийняття на основі її дослідження оптимального рішення. Такий вибір ґрунтується на обробці даних, що дозволяє сформувати правила, за якими відбувається визначення.

В основу процедур вибору рішень за підтримки комп'ютерних систем управління (КСУ) покладемо такий метод ІАД як міркування за прецедентами (case-based reasoning, СВР) [10].

Вибір відповідного конкретній ситуації прецеденту або дозволяє сформувати на його основі рішення в готовому вигляді, або потребує проведення додаткових дій з його адаптації з метою врахування відмінностей у контекстах поточної і базової ситуацій. Якщо відповідний прецедент не виявлений або процес адаптації вимагає залучення додаткової інформації, прийняття рішення потребуватиме звернення до бази знань, що міс-

тять основні відомості щодо предметної області і способи подання знань. Знання, логічна система яких впорядкована, представляються в модулі правил. Множина правил містить правила управління діловими процесами (бізнес-правила), правила прийняття рішень в проблемних ситуаціях, що виникають в процесі управління, та правила класифікації математичних моделей прийняття рішень. Емпіричні знання для розв'язання задач прийняття рішень представлені в формі прецедентів по застосуванню математичних моделей, які можуть бути адаптовані для розв'язання конкретної проблеми.

Прецедент E складається з кортежу (PR, AS, S, R, Z) , де PR, AS, S – образи проекту, процесу і середовища відповідно, R – пов'язане з ними рішення, Z – коментар щодо застосування прецеденту.

Кожному набору PR, AS, S може відповідати кілька рішень, таким чином можна припустити, що існують прецеденти виду (PR, AS, S, R) та (PR, AS, S, R') , що відрізняються за умови $R \neq R'$. Дані, що накопичуються в базі прецедентів, представлені множиною прецедентів.

Основним завданням ідентифікації стану СЕС є ототожнення фактичної або прогнозованої ситуації з відомим образом ситуації, що міститься в базі прецедентів. В результаті стан системи може бути класифіковано як відомий (штатний), подібний та новий (невідомий).

При цьому на основі правил і прецедентів здійснюється пошук моделі та методу, що є найбільш доцільними для розв'язання конкретної задачі управління. Знайдене рішення у вигляді пропонованого методу використовується для обґрунтування поточного управлінського рішення, його результат передається для формування управлінського впливу.

В процесі ідентифікації стану системи встановлюється функціональний зв'язок між стратегією та оперативними управлінськими впливами. Подальший аналіз дозволяє встановити момент переходу від коригування функціонування системи за допомогою оперативних рішень до модифікації стратегії.

Джерелом інформації про назріваючі стратегічні завдання виступають не лише характеристики системи, що формують образ процесу або проекту, а й образ майбутнього середовища.

Реалізація прогнозів щодо стану середовища дозволяє поряд зі здійсненням своєчасних оперативних впливів готувати стратегічні рішення, встановлюючи тісний взаємозв'язок між ними. Тому, не очікуючи повної інформації про зміни, що наближаються, керівництво СЕС може визначити кроки, адекватні різним варіантам розвитку подій для запобігання загроз, що насуваються, або для використання потенційних можливостей.

Виявлення закономірностей і взаємозв'язків між подіями та явищами, що відбуваються в системі, представляють собою складну задачу, розв'язання якої можливе через вивчення ситуації в багатовимірному просторі показників, які характеризують її з різних боків, що обумовлює необхідність розробки комплексу економіко-математичних моделей на базі інтелектуальних технологій.

В даній роботі пропонується комплекс моделей підтримки проактивного управління в СЕС на основі комбінованого використання підходів до відстеження стану системи та застосування інструментарію ІАД (рис. 2).

Цей комплекс включає поряд з класичними економіко-математичними моделями:

- Моделі формування образів проекту, процесу та середовища, що ґрунтуються на комбінованому використанні підходів до відстеження ситуацій в системі;
- Моделі класифікації образів системи з використанням дерев рішень, правил, нейронних мереж, генетичних алгоритмів, категоризованих графіків, піктографіків; моделі виділення кластерів методом k-середніх тощо;
- Моделі ідентифікації стану системи методом «найближчого сусіда», методом індукції правил, дерев рішень, з використанням нейронних мереж, мереж Байєса, асоціацій, алгоритму обмеженого перебору;
- Моделі виявлення причинно-наслідкових зв'язків за допомогою агентів (крос-табуляція), довірчих мереж Байєса, еволюційного програмування, статистичних методів, редукції вибірки і маркування підгруп даних.

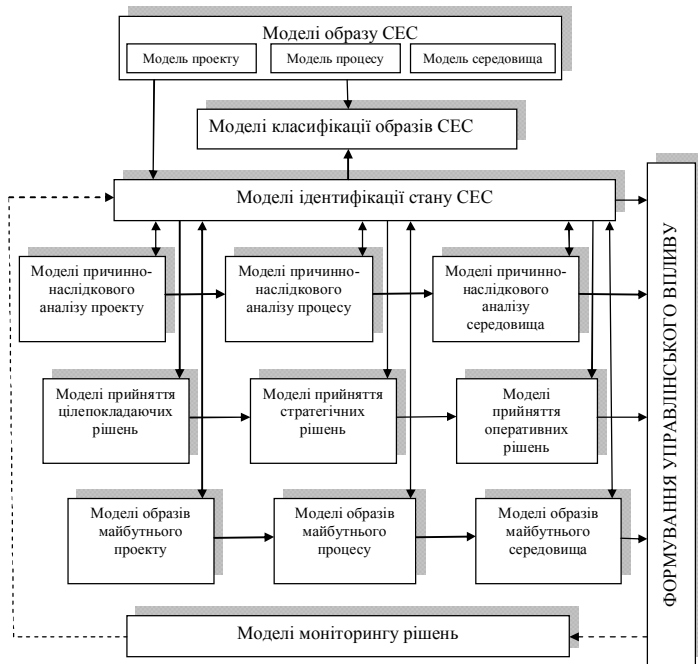


Рис. Комплекс економіко-математичних моделей, що підтримують проактивне управління СЕС

- Моделі оптимізації з використанням нейронних мереж, генетичних алгоритмів, дерев рішень, методу індукції правил;
- Моделі прогнозування з використанням методів «найближчого сусіда», індукції правил, мереж Байєса, статистичних методів, асоціацій, нейронних мереж, дерев рішень, пошарового стиснення;
- Моделі моніторингу ефективності рішень з використанням апарату нейронних мереж, дерев рішень, індукції правил тощо.

Між запропонованими моделями існують як вертикальні, так і горизонтальні зв'язки.

Вертикальні зв'язки відповідають розв'язанню завдань проактивного управління через реалізацію процесів огляду ситуації, причинно-наслідкового аналізу, прийняття рішень та аналізу плану [11].

Горизонтальні зв'язки відтворюють реалізацію ланцюжка «цілепокладаючі – локальні стратегічні – оперативні рішення».

Процес ухвалення цілепокладаючих та локальних стратегічних рішень не завершується негайним оперативним впливом. Зазвичай він закінчується встановленням загальних напрямів, просування за якими забезпечить конкурентні переваги СЕС. Роль стратегії полягає в тому, щоб, по-перше, допомогти зосередити увагу на певних послідовностях дій (сценаріях), умовах та можливостях, по-друге, відкинути всі сценарії, несумісні з обраною метою. Необхідність в поточній стратегії може відпасти, як тільки реальний хід розвитку приведе систему до бажаних результатів.

Зв'язки між моделями різних рівнів управління базуються на технологіях переходів від одного типу рішень до іншого, що розроблялись відповідно до розвитку методів оперативного і стратегічного управління та містять правила реалізації таких переходів [12].

Найбільше значення для формування оперативних управлінських впливів має блок моделей прийняття оперативних рішень, який включає як моделі бізнес-правил так і аналітичні моделі (дескриптивні та оптимізаційні). Моделі бізнес-правил пов'язані з підтримкою політики та поповнюються результатами реалізації аналітичних моделей.

Входи моделей прийняття оперативних рішень можуть бути виходами моделей образів майбутнього середовища, моделей причинно-наслідкового аналізу середовища та моделей прийняття стратегічних рішень. Роль координатора при цьому відіграє блок ідентифікації стану системи.

В процесі зміни стратегій і характеру оперативних впливів керівництво СЕС повинне контролювати і організовувати взаємодію керівників різних рівнів. Для виконання цього завдання КСУ має представляти їм всю необхідну інформацію про результати впливів і змін зовнішнього і внутрішнього середовища, вимагати від них необхідні суб'єктивні оцінки представлених даних і на основі отриманих відомостей і використовуваних методів пропонувати можливі варіанти рішень і впливів.

Вищі рівні управління задають характер дій нижчих: генерують завдання і цілі, формують критерії оцінок, визначають допустимі межі значень критеріїв. Нижчі рівні управління в

процесі реалізації оперативних впливів і локальних стратегічних рішень показують вищим, наскільки правильно сформульовані завдання задовольняють вимогам зовнішнього світу і умовам їх реалізації всередині системи.

Інформація на всі рівні управління надходить паралельно. Завдання КСУ на основі аналізу даних моніторингу своєчасно попереджати керівництво всіх рівнів про необхідність оперативних впливів і прийняття локальних і цілепокладаючих стратегічних рішень у зв'язку із змінами у зовнішньому світі і всередині системи.

Прийняття оперативного рішення може вимагати як негайного управлінського впливу, так і такого, що має певну затримку в часі. Локальні і цілепокладаючі стратегічні дії завжди передбачають потребу у певному часовому проміжку для їх реалізації і завершуються низкою оперативних впливів.

Оперативні рішення приймають регулярно, відповідні оперативні впливи можуть бути як регулярними, так і нерегулярними. Локальні стратегічні впливи виконуються в тих випадках, коли призвести процес в норму лише оперативними діями не вдається. Тому локальні стратегічні рішення приймаються нерегулярно і не визначаються кількістю реалізованих оперативних впливів. Локальні стратегічні дії в різних сферах діяльності СЕС можуть бути не пов'язані між собою в часі. Аналогічний зв'язок спостерігаємо для масштабу часу локальних стратегічних і цілепокладаючих рішень. Особливість останніх полягає в тому, що вони можуть стосуватись кількох сфер діяльності системи і можуть не бути пов'язаними з прийнятими раніше локальними стратегічними рішеннями. Цим пояснюються односторонні зв'язки між моделями одного рівня.

Важливе місце посідають також моделі моніторингу ефективності рішень, які здійснюють відстеження відповідності між модельними результатами і реальними фактами і дозволяють через порівняння результатів, отриманих за різними моделями, пропонувати адекватні поточній ситуації моделі.

Механізм реалізації концепції моделювання процесів проактивного управління в СЕС на основі ІАД має ґрунтуватись на гібридному використанні методів і моделей, а саме:

- 1) на окремих етапах підтримки прийняття рішень необхідно використовувати як «чисті» підходи, так і їх гібриди у ви-

гляді модифікованих алгоритмів та комбінованих інструментів;

2) для підтримки кількох послідовних етапів аналізу потрібно будувати та реалізовувати ансамблі моделей; ансамблі моделей також ефективно використовуються при реалізації окремих етапів підтримки прийняття рішень;

3) при формуванні інструментарію для моделювання на окремому етапі в розрізі рівнів управління, потрібно так комбінувати методи ІАД, щоб забезпечувати перевагу методів візуального та експертного аналізу при переході від моделей підтримки оперативних рішень до моделей підтримки стратегічних і цілепокладаючих рішень.

Реалізація розглянутих в даному дослідженні методів і моделей ще не забезпечує успішного проактивного управління. Результати моделювання обов'язково мають супроводжуватись діями, що використовують переваги добутих знань і прогнозів. Це означає, що прикладний рівень реалізації концепції моделювання процесів проактивного управління в СЕС на основі ІАД пов'язаний з впровадженням замкнених КСУ, в основу створення яких доцільно покласти гібридний підхід [13, 14].

При проектуванні гібридних КСУ найскладнішою проблемою є розробка загального алгоритму підтримки прийняття рішень, що має передбачати поєднання алгоритмів виводу на правилах і прецедентах та алгоритми прийняття рішень на основі моделей і методів ІАД. В якості ілюстрації застосування гібридного підходу до організації КСУ можна представити загальну модель структури системи, що включає базу знань з правилами і прецедентами, а також модулі адаптації рішень та пошуку рішень на основі правил, прецедентів, моделей і методів ІАД (рис.3).

Застосування методів, що базуються на прецедентах, в інтелектуальних КСУ дозволяє підвищити ефективність прийняття рішень при виникненні проблемних ситуацій через проведення пошуку і адаптації прийнятих раніше рішень в подібних проблемних ситуаціях, що були збережені у формі прецедентів в базі прецедентів.

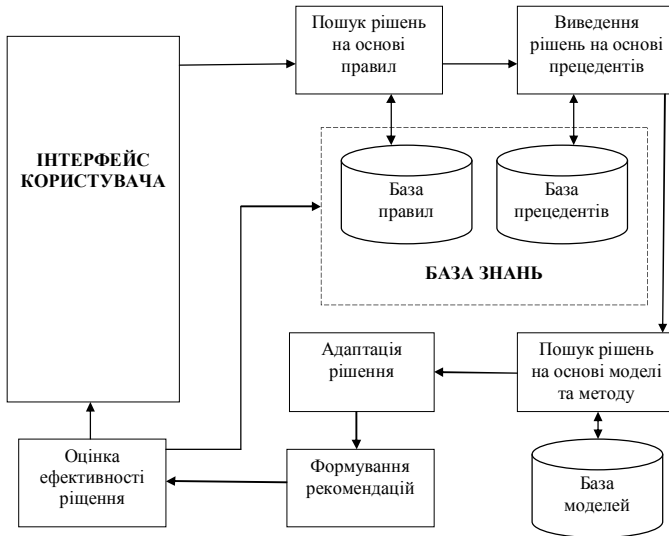


Рис.3. Схема взаємодії компонентів гібридної КСУ

Разом з тим, таким гібридним КСУ притаманні і переваги правило-орієнтованих інтелектуальних систем: пояснення запропонованого рішення; швидкість та своєчасність підтримки прийняття рішення, можливість працювати без експерта, ефективне розв'язання проблеми невизначеності, формалізація експертних оцінок, можливість еволюціонування бізнес-політики, відсутність суперечностей та впливу суб'єктивного чинника тощо.

Проведене дослідження дозволяє зробити низку висновків.

Розробка моделей СЕС через поєднання образів проекту, процесу і середовища на принципах збалансованих систем стратегічного вимірювання дає можливість об'єднати в єдиній структурі стратегічні та операційні показники, забезпечити вертикальну спадкоємність, розподіл відповідальності і в залежності від характеру проблемної ситуації – її співвіднесення з певним рівнем системи управління, забезпечивши тим самим повноцінність управління.

Враховуючи обмеженість класичних методів, для розв'язання задач підтримки стратегічного та оперативного

управління на засадах проактивного підходу доцільно залучити технологію ІАД, що здатна автоматично видобувати із даних нові нетривіальні знання у формі моделей, залежностей, законів. При цьому моделювання процесів проактивного управління СЕС має ґрунтуватись на гібридному використанні інтелектуальних моделей і методів і вбудовуватись для ефективної реалізації одержаних результатів в замкнені КСУ.

Відправною точкою синтезу механізму підтримки взаємозв'язку між стратегічними і оперативними рішеннями на прикладному рівні є розробка образів СЕС, яка набуває практичну значимість в процесі конкретизації показників у відповідності до специфіки функціонування системи. Проблема визначення напрямів відстеження результатів діяльності системи має розв'язуватися керівництвом СЕС і його консультантами, яким потрібно провести ретельний системний аналіз структури і діяльності системи, що пов'язано з унікальністю організаційної структури, методів управління і технологій підготовки і прийняття рішень в кожній окремо взятій системі. Те саме стосується визначення конкретних моделей, здатних підтримувати процеси проактивного управління на всіх його рівнях.

В якості перспективи подальших досліджень можна розглядати реалізацію прикладного рівня концепції моделювання проактивного механізму прийняття управлінських рішень на базі ІАД для конкретних видів СЕС.

Список використаної літератури:

1. Трахтенгерц Э.А. Компьютерные методы реализации экономических и информационных управленческих решений. В 2-х томах. Том 1. Методы и средства. / Э.А.Трахтенгерц. – М.: СИНТЕГ, 2009. – 172 с.
2. Друкер П.Ф. Энциклопедия менеджмента/ П.Ф.Друкер. – М.: Вильямс, 2008. – 421 с.
3. Кови С.Р. Семь навыков высокоэффективных людей: мощные инструменты развития личности / С.Кови. – М.: Альпина Паблишер, 2012. – 379 с.
4. Черноус Г.О. Методология проактивного управления социально-экономическими системами / Г.О.Черноус // Теоретичні та прикладні питання економіки. – Вип. 27, т.3. – С. 62-70.
5. Корнаи Я. Системная парадигма / Я.Корнаи // Вопросы эко-

- номики. – М., 2002. – № 4. – С.3-22.
6. Клейнер Г.Б. Новая теория экономических систем и ее приложения / Г.Б.Клейнер // Вестник РАН. – 2011.
7. Лепа Р.Н. Ситуационный механизм подготовки и принятия управленческих решений на предприятии: методология, модели и методы: монография / Р.Н. Лепа. – Донецк: Юго-Восток, Лтд, 2006. – 308 с.
8. Рамперсад Х. Универсальная система показателей деятельности. Как достигать результатов, сохраняя целостность / Х.К. Рамперсад. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. – 351 с.
9. Редченко К.І. Типологія та структура систем стратегічного вимірювання у сучасному бізнесі // В кн. Економічні системи. Т.1 / За ред. Г.І.Башнянина. – Львів: Вид-во Львівської комерційної академії, 2006. – С.396-435.
10. Data mining and knowledge discovery handbook / Oded Maimon (ed.), Lior Rokach (ed.). – N.Y.: Springer, 2005. – XXXV, 1383p.
11. Черноус Г.О. Інформаційне забезпечення проактивного управління / Г.О.Черноус // Вісник Київського національного торговельно-економічного університету. – 2012. – №5(85). – С.102-114.
12. Каплан Р.С. Награда за блестящую реализацию стратегии: связь стратегии и операционной деятельности - гарантия конкурентного преимущества / Р.Каплан, Д.Нортон. – М.: Олимп-Бизнес, 2010. – 341 с.
13. Акопов А.С. Интеллектуальные гибридные системы управления деятельностью вертикально-интегрированными организационными структурами / А.С. Акопов, Г.Л. Бекларян. – М.: ЦЭМИ РАН, 2009. – 53 с.
14. Decision Support and Business Intelligence Systems / E.Turban, R.Sharda, D.Delen, J.E.Aronson, T.-P.Liang, D.King. – Prentice Hall, 2010. – 780p.

АНАЛІЗ МЕТОДІВ РЕЙТИНГУВАННЯ БАНКІВ ЗГІДНО ЇХ ФІНАНСОВОЇ СТІЙКОСТІ

М.П.Чайковська, Т.С. Медведь
м.Одеса, Одеський національний університет

В умовах жорсткої міжбанківської конкуренції для прийняття економічно обґрунтованих рішень щодо співпраці з комерційними банками, клієнти потребують об'єктивної інформації про фінансовий стан банків. Для отримання такої інформації необхідна класифікація комерційних банків, яка може здійснюватись за їх рейтингами. Питання надійності фінансово-кредитної установи особливо загострюються в періоди економічної нестабільності, кризових явищ. Адже банкрутства банків надають більш несприятливий вплив на економіку, ніж банкрутства інших типів підприємств.

До вивчення вагомих показників фінансової стійкості банківських установ та побудови на їх основі рейтингу згідно рівня надійності та стійкості звертались у своїх працях такі вітчизняні та зарубіжні науковці: Ачкасов А. [1], Новікова І. [2], Рид Э., Коттер Р., Гилл Э., Смит Р. [3], Довгялло М. [4], Гумен І. [5], Семенов С. [6], Вітлінський В., Пернарівський О. [7], Буздальн О.В [8-10] та інші. Проте єдиної думки щодо параметрів рейтингової системи не сформовано та уніфікованої практичної методики оцінки стійкості банків не розроблено.

Метою дослідження є аналіз методів рейтингової оцінки банків та формування комплексної практичної методики на базі доступної для клієнтів інформації, що дозволить керівництву, клієнтам, партнерам, доступніше усвідомлювати інформацію, що закодована у рейтинговому балі, щодо поточних потреб оцінки фінансової стійкості банків.

У сучасній економічній вітчизняній та зарубіжній літературі немає єдиної думки щодо сутності категорії «стійкість комерційного банку». Це пояснюється її комплексним характером, що відображає не тільки внутрішні, а й зовнішні чинники банківської діяльності. Загалом під стійкістю комерційного банку розуміється його здатність досягати рівноважного стану в існуючому економічному середовищі й утримувати даний стан протягом відносно тривалого періоду часу в умовах впливу змінних зовнішніх і внутрішніх факторів. Рівень надійності банків і банківської системи обумовлюється перш за все станом економіки і рівнем її розвитку, специфікою включення в міжнародний поділ праці і галузевої орієнтації на задоволення

виробничих і споживчих потреб, рівнем розвитку ринку, станом виробництва в цілому (пожвавлення - підйом - спад - криза - депресія) і відповідно станом грошового обігу, що опосередковується банками (інфляційного та безінфляційного). Також до зовнішніх відносимо державно-правовий механізм, дієвість законодавчої бази та рівень її розвитку, ступінь правової та нормативної забезпеченості банківської діяльності, яка встановлює певні обмеження і заборони [2].

Внутрішні фактори стійкості слід розподіляти за групами:

1) організаційні чинники: стан банківського менеджменту; здатність до інновацій, змін, перебудови; внутрішня структура управління банками;

2) технологічні чинники: орієнтація на розвиток сучасних банківських технологій і потреби ринку в нових банківських продуктах;

3) економічні фактори: достатність капіталу; якість активів та пасивів; прибутковість; ліквідність балансу.

Для виявлення особливостей проведення рейтингових процедур у вітчизняній та закордонній практиці було проаналізовано роботу вітчизняних рейтингових агентств («Кредит-рейтинг», «ІВІ-рейтинг», «Рюрік»), що користуються довірою держави та мають високий рівень прозорості своєї діяльності [11], російського рейтингового агентства («Експерт РА») та загально відомого в усьому світі рейтингового агентства «Standard & Poor's» (США). Результати свідчать, що рейтингове агентство в якості інформаційної бази використовують як загально доступні дані, так і матеріали, надані керівництвом установи, що замовила рейтингову оцінку. Проте деякі агентства аналізують тільки внутрішні документи, фінансову звітність та аудиторські висновки, інші додатково проводять анкетування керівництва та персоналу за власними індивідуально розробленими опитувальними листами, що, безумовно, підвищує їх шанси на встановлення достовірної рейтингової оцінки, але одночасно і зростає працездатність та тривалість процесу. Основною відмінністю при встановленні рейтингу залишається власне модель визначення рейтингової оцінки, тобто конкретні показники, їх нормативні, оптимальні та порогові значення, критерії оцінювання, механізм розрахунку. Вітчизняні рейтингові агентства часто приховують навіть інформацію стосовно

того, які фактори зовнішнього та внутрішнього середовища впливають на кредитний рейтинг установи, тому іноді клієнт фактично не розуміє, чому саме така рейтингова оцінка була встановлена.

Аналіз сучасних методик оцінки фінансової стійкості комерційних банків виявив найбільш вагомі: методика рейтингової оцінки на базі індексного методу [5, 6], та система CAMELS (США), за якою будує свій рейтинг Національний банк України [12].

Сутність методу полягає у визначенні загального стану банку на основі єдиних критеріїв, що охоплюють усю його діяльність: достатність капіталу (Capital adequacy); якість активів (Asset quality); менеджмент (Management); надходження (Earnings); ліквідність (Liquidity); чутливість до ринкового ризику (Sensitivity to market risk). Система допомагає визначити банки, фінансовий стан, операції або менеджмент яких мають недоліки, здатні призвести до банкрутства. Цією методикою передбачено глибоке всебічне дослідження стану банку, а тому такий аналіз може провести лише Національний банк під час комплексної інспекційної перевірки, яка дає змогу повною мірою визначити, як керівництво банку ставиться до ризиків і як здійснює управління ними. Проте Національний банк не розголошує інформацію про результати рейтингової оцінки за системою CAMELS, оскільки цим може викликати непотрібний ажіотаж серед клієнтів тих банків, які на певний момент матимуть відносно поганий рейтинг.

Пріоритет системи CAMEL(S) загальноновизнаний і законодавчо підкріплений, але проведення оцінки за даною методикою потребує дослідження конфіденційної інформації, доступ до якої має лише регулюючий орган. Крім того, результати даної методики у інтересах макроекономічної стабільності є закритими для широкого загалу. Отже, брак публічної інформації щодо надійності тих чи інших українських банків та відповідно безпеки вкладення у них коштів спонукає до розробки на основі сучасних підходів напрямків їх удосконалення з урахуванням специфіки функціонування української банківської системи і до створення практичної методики, яка б базувалася, з одного боку, на доступній для клієнтів банку інформації, а з другого — комплексно оцінювала фінансовий стан банку.

Для побудови комплексного рейтингу надійності комерційних банків (КБ) було обрано 10 банків України: (Приватбанк, Ощадбанк, Credit Agricole, ПУМБ, Імексбанк, УкрСиббанк, Райффайзен Банк Аваль, «Фінанси і Кредит», «Форум», «Діамант») за принципом конкурентоспроможності відповідно до основних балансових статей, популярності на сучасному ринку, а також терміну існування та досвіду роботи. Виходячи з теоретико-економічних досліджень понять «надійність» та «стійкість» фінансової установи, було зроблено загальний висновок: оптимальним згідно надійності вважається банк, у якого обсяг працюючих (ризикових) активів не перевищує власний капітал; кошти на розрахункових рахунках клієнтів повністю покриваються ліквідними активами; ризику піддається не більше третини всіх довірених йому коштів; сумарні зобов'язання банку повністю забезпечені ліквідними активами, нерухомістю і цінностями; капітал інвестований у нерухомість та цінності; кошти, спрямовані на розвиток банку, втричі перевищують внески засновників.

Було складено перелік найбільш важливих з економічної точки зору показників фінансової стійкості (ПФС), що доступні широкому споживачеві з фінансової звітності даних комерційних банків: коефіцієнт надійності; достатність капіталу; захищеність капіталу; мультиплікатор капіталу; коефіцієнт високоліквідних активів; загальна ліквідність; частка робочих активів; прибутковість кредитного портфеля; прибутковість активів ROA; прибутковість капіталу ROE; загальний рівень рентабельності. Основна проблема рейтингування банків за ступенем надійності в цілому полягає у тому, що частіше всього два банки виявляються незрівняними в цілому, тобто за якимись показниками один банк кращий за інший, а за іншими гірший. Для усунення цього «недоліку» було модифіковано значення початкових характеристик. Модифікований показник $q_j^{(i)}$ (побудований по відповідному значенню коефіцієнта $x_j^{(i)}$) буде приймати значення з відрізка $[0, 1]$, значенню $q_j^{(i)} = 0$ ($q_j^{(i)} = 1$) відповідає найменш (найбільш) надійний банк, оцінюваний з погляду окремого критерію, пов'язаного з найоптимальнішим рівнем (назвемо його нормативом) того чи іншого показника e_j ,

$j = \overline{1,11}$. Враховуючи позитивність використуваних 11-ти нормативів, попередню вимогу можна сформулювати як вимогу монотонності функції $q = q(x)$ на півосі $[0, +\infty)$. При цьому функції $q_j = q_j(e_j)$, $j = 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11$, відповідні тим показникам фінансової стійкості, збільшення яких (за інших рівних умов) призводить до збільшення рівня надійності банку, є монотонно не спадаючими функціями $(x_j^l < x_j^k) \Rightarrow q_j^l(e_j) \leq q_j^k(e_j)$, $j = 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11$, $l = \overline{1,10}$, $k = \overline{1,10}$, $l \neq k$ та мають вигляд:

$$q_j = q_j(e_j) = \begin{cases} 0, & x_j \leq e_j^{(\min)} \\ \frac{l}{2} \sin \left(\frac{\pi}{e_j^{(\max)} - e_j^{(\min)}} \left(x_j - \frac{e_j^{(\max)} + e_j^{(\min)}}{2} \right) \right) + \frac{l}{2}, & e_j^{(\min)} < x_j < e_j^{(\max)} \\ l, & x_j \geq e_j^{(\max)} \end{cases}$$

$, j = \overline{1,11}$. (1)

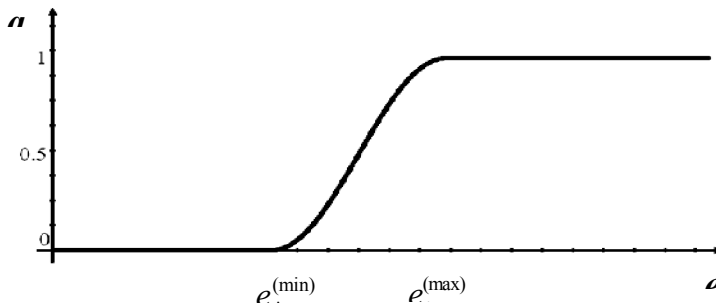


Рис.1. Графік функції (1)

Функції ж $q_j = q_j(e_j)$, $j = 3, 4$, відповідні тим початковим показникам, збільшення яких (за інших рівних умов) призводить до пониження рівня надійності банку, є функціями, що монотонно зростають $(x_j^l < x_j^k) \Rightarrow q_j^l(e_j) \geq q_j^k(e_j)$, $j = 3, 4$, $l = \overline{1,10}$, $k = \overline{1,10}$, $l \neq k$.

$$q_j = q_j(e_j) = \begin{cases} 1, & x_j \leq e_j^{(\min)} \\ -\frac{1}{2} \sin \left(\frac{\pi}{e_j^{(\max)} - e_j^{(\min)}} \left(x_j - \frac{e_j^{(\max)} + e_j^{(\min)}}{2} \right) \right) + \frac{1}{2}, & e_j^{(\min)} < x_j < e_j^{(\max)} \\ 0, & x_j \geq e_j^{(\max)} \end{cases}$$

$$, j = \overline{1, 11}, \quad (2)$$

де величини $e_j^{(\min)}, e_j^{(\max)}$ - граничні оптимальні значення обраних показників фінансової стійкості. Нормуюча функція $q = q(x)$ - функція, що дорівнює нулю (одиниці) на півосі $(-\infty, e_j^{(\min)}]$, монотонно зростає (спадає) на відрізку $[e_j^{(\min)}, e_j^{(\max)}]$ і рівна одиниці (нулю) на півосі $[e_j^{(\max)}, +\infty)$.

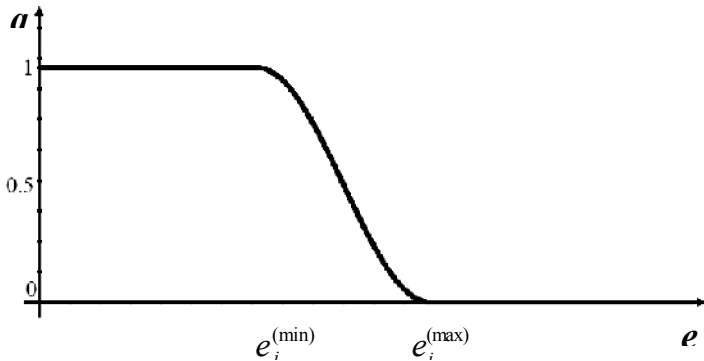


Рис.2. Графік функції (2)

В ролі інтегруючого зведеного показника надійності банку було обрано функцію вигляду: $Q_\lambda(q, w) = \left[\sum_{j=1}^{11} q_j^\lambda w_j \right]^{1/\lambda}$, де пара-

метр визначає конкретний вид інтегруючої функції. В нашому випадку ми брали $\lambda = 2$. Вона враховує як інформацію про значення вектора окремих показників надійності $q^{(i)} = (q_1^{(i)}, q_2^{(i)}, \dots, q_{11}^{(i)})$, $i = \overline{1,10}$, так і інформацію про значення вектора вагових коефіцієнтів $w = (w_1, w_2, \dots, w_{11})$, компоненти якого визначають значущість окремих показників.

Вагові коефіцієнти $w = (w_1, w_2, \dots, w_{11})$ було визначено в процесі аналізу рейтингів надійності вітчизняних банків, а саме за ступенем вагомості окремих показників з боку інтересів користувачів банківських послуг та керуючись встановленими НБУ нормативами і практичним економічним досвідом з питань оптимального значення вибраних ПФС (табл. 1).

Таблиця 1

Ваги та нормативи ПФС

| | Назва коефіцієнту | Оптимальне значення ПФС | | Ваги w_j |
|-----|--------------------------------------|-------------------------|----------------|------------|
| | | $e_j^{(\min)}$ | $e_j^{(\max)}$ | |
| к1 | коефіцієнт надійності % | 5,0000 | 40,7596 | 0,1190 |
| к2 | коефіцієнт достатності капіталу % | 10,0000 | 25,0000 | 0,1190 |
| к3 | коефіцієнт захищеності капіталу % | 5,8478 | 25,0000 | 0,0714 |
| к4 | мультиплікатор капіталу % | 10,0000 | 25,0000 | 0,0476 |
| к5 | коефіцієнт високоліквідних активів % | 17,0000 | 28,0000 | 0,0714 |
| к6 | загальна ліквідність | 1,0000 | 1,3922 | 0,0714 |
| к7 | частка робочих активів % | 65,0000 | 629,5180 | 0,1190 |
| к8 | прибутковість кредитного портфелю | 0,0176 | 0,2731 | 0,0952 |
| к9 | прибутковість активів ROA % | 0,5000 | 1,5000 | 0,0952 |
| к10 | прибутковість капіталу ROE % | 10,0000 | 20,0000 | 0,0952 |
| к11 | Загальний рівень рентабельності | 0,0000 | 0,0934 | 0,0952 |

У таблиці 2 наведено рейтинг вітчизняних банків за рангом зведеного показника $Q^{(i)}, i = \overline{1,10}$,

Таблиця 2

Рейтинг вітчизняних банків

| Назва банку | | Зведений показник $Q^{(i)}, i = \overline{1,10}$ |
|-------------|----------------------|-----------------------------------------------------|
| 1. | ОщадБанк | 0,6684 |
| 2. | Credit Agricole | 0,6245 |
| 3. | ПриватБанк | 0,5405 |
| 4. | Райфайзен Банк Аваль | 0,4509 |
| 5. | Діамант | 0,4389 |
| 6. | ПУМБ | 0,4377 |
| 7. | Фінанси та Кредит | 0,3598 |
| 8. | ІМЕКСбанк | 0,3185 |
| 9. | Форум | 0,3030 |
| 10. | УкрСибБанк | 0,1469 |

Поточна фінансова стійкість комерційного банку - це ситуативна характеристика його діяльності, яка оцінюється суб'єктом банківського аналізу на момент його проведення. Вона є важливим критерієм для суб'єктів банківського аналізу, але значно важливішим для них є перспективна фінансова стійкість комерційного банку. Саме тому напрям подальших наукових розробок націлено саме на поняття «перспективної фінансової стійкості» комерційного банку, що еквівалентне поняттю «ймовірність бути фінансово стійким». В процесі всебічного аналізу цього питання нами було виявлено перспективність застосування байєсівського підходу. Найбільш важлива перевага використання байєсівського підходу при аналізі роботи КБ полягає в можливості одержання чисельної оцінки надійності.

Ймовірність банку бути надійним очевидно пов'язана з імовірністю бути ненадійним (сума цих ймовірностей дорівнює одиниці (100%)). Щоб визначити величину надійності банку необхідно мати інформацію, що дозволяє судити про якість його діяльності. Через Ω позначаємо повний обсяг інформації, доступної особі, що здійснює аналіз надійності банку. Надійність є деякою ймовірністю, а з іншого боку її виявлення базу-

ється на наявній інформації. Тому надійність банку є не просто ймовірністю бути надійним, а ймовірність банку бути надійним за умови наявності про нього певної інформації. Позначаємо таку величину, як $P(\Omega) = P(\text{банк надійний} | \Omega)$. Це і є загальне визначення надійності банку. У байєсівському підході величину $P(\Omega)$ прийнято називати апостеріорною ймовірністю («*posteriori*» - після досвіду) [8-10].

Апостеріорна ймовірність на порядок інформативніше, ніж побудова деякого інтегрального показника (зваженої суми) вихідних характеристик. Крім того, що на її основі все банківське співтовариство можна впорядкувати по зростанню надійності (так само, як і на основі інтегральних показників), додатково до цього, існує ще можливість кількісно зіставляти ці надійності, а отже, відповідно до вимог розбивати банки на групи за схожістю їхнього фінансового становища, оцінювати фінансові ризики.

Разом з тим, не слід забувати, що всі одержувані висновки суб'єктивні і залежать від наявної інформації. Інформація про банк може в реальності мати різноманітні форми. Це можуть бути й балансова звітність, і газетні публікації, і телевізійні повідомлення і т.д. Тобто інформація сама по собі досить об'ємна й працювати з нею, а тим більше проводити на основі її статистичні оцінки, далеко не просто. Для цього й призначені методики аналізу роботи банку.

Під методикою аналізу P_G КБ природно розуміти сукупність деяких правил, діючи відповідно до яких, експерти виділяють із загального обсягу інформації (Ω) деяку її частину $m(\Omega)$ у формі, зручної для осмислення й прийняття рішень. Відповідно до цього, оцінкою надійності $P(\Omega)$ доречно назвати величину $P(m(\Omega))$, тобто ймовірність банку виявитися надійним, за умови наявності про нього виділеної інформації $m(\Omega)$. При цьому хорошими методиками природно вважати ті з них, для яких величини $P(m(\Omega))$ й $P(\Omega)$ близькі.

Основними характеристиками точності будь-якого класифікаційного правила є ймовірності «помилкової класифікації». В нашому випадку «помилкова класифікація» має місце або в разі віднесення апріорі надійного банку до групи ненадійних, або у випадку віднесення апріорі ненадійного банку до групи надійних. Якщо спочатку не робиться ніяких припущень про

перевагу одного типу помилок перед іншим, то підсумковий показник якості класифікації буде сумою ймовірностей вчинення таких помилок. Показник R в теоретичній статистиці прийнято називати байєсівським ризиком. Чим ця величина більше, тим гірше класифікація, і навпаки, чим вона ближче до нуля, тим класифікація ближче до апріорного розбиття.

Відзначимо, що при виборі методики аналізу банків немає ніякого суб'єктивізму. Так, якщо методики m_1 й m_2 націлені на одержання оцінок надійностей $P(\Omega_1)$ і $P(\Omega_2)$, то кращою (більш точною) буде та методика, для якої менше ризик $R(m_i(\Omega_i))$, $i=1,2$. Тим самим існує абсолютно об'єктивний принцип зіставлення методик, тобто вибору найкращої.

Повернемося до питання одержання числової форми оцінки надійності $P(\Omega)$ на основі методики m , тобто до питання числового оцінювання величини $P(m(\Omega))$. Базовим співвідношенням для одержання такої оцінки є, так звана, формула Байєса:

$$P(m(\Omega)) = \frac{1}{1 + \frac{P_B \cdot P\{m(\Omega) | \text{банк ненадійний}\}}{P_G \cdot P\{m(\Omega) | \text{банк надійний}\}}} \cdot (3)$$

Імовірність P_G - це ймовірність того, що досліджуваний банк, при відсутності про нього якої-небудь інформації, є надійним. Відповідно, імовірність P_B - це ймовірність того, що досліджуваний банк, при повній відсутності про нього якої-небудь інформації, є ненадійним.

Імовірність $P\{m(\Omega) | \text{банк надійний}\}$ - це ймовірність того, що для апріорі надійного банку методика m виділить інформацію $m(\Omega)$.

Відповідно, імовірність $P\{m(\Omega) | \text{банк ненадійний}\}$ - це ймовірність того, що для апріорі ненадійного банку методика m виділить інформацію $m(\Omega)$.

Часто в застосовувані на практиці методик аналізу банків формою інформації $m(\Omega)$ є набір деяких числових характеристик X_1, X_2, \dots, X_n . У таких ситуаціях при певних припущеннях у формулі (3) відношення ймовірностей

$$\frac{P\{m(\Omega) | \text{банк ненадійний}\}}{P\{m(\Omega) | \text{банк надійний}\}}$$

вдається замінити величиною $\phi(L)$, де $\phi(\bullet)$ деяка функція від інтегрального показника (зваженої

суми) характеристик: $L = \lambda_1 X_1 + \lambda_2 X_2 + \dots + \lambda_n X_n$.

Важливо відзначити, що при побудові інтегральних показників «класичних» методик, оцінка значень вагових коефіцієнтів часто проводиться в тій чи іншій мірі волонтаристськи. Такий стан речей є причиною нескінченних мало продуктивних суперечок про переваги одних інтегральних показників перед іншими. Разом з тим, формула (3) виражає об'єктивно існуючий закон, що зв'язує надійність $P(m(\Omega))$ з інформацією $m(\Omega)$, а отже, вид інтегрального показника L абсолютно об'єктивний. Іншими словами, величини вагових коефіцієнтів λ_i об'єктивно однозначно визначаються, і безглуздо сперечатися про їх переваги чи недоліки по відношенню до вагових коефіцієнтів інших інтегральних показників.

Висновки. Визначення економіко-математичного змісту надійності та стійкості кредитної установи сприяє формуванню набору факторів, які містять суттєву інформацію відносно банку, та відповідний йому набір вагових коефіцієнтів, які було синтезовано у зведений показник, що з найбільшим ступенем надійності інформує про загальний стан стійкості кредитної організації. Байєсівський підхід у класифікаціях є найбільш опрацьованим, найбільш природним, тому набув широке застосування, проте не є єдино можливим та вимагає подальшої розробки ймовірнісних методів оцінки надійності. Майбутнє удосконалення отриманої методики у розрізі динамічності фінансового стану комерційних банків та можливості ймовірнісних прогнозів позитивного чи негативного розвитку фінансово-економічного стану кредитних організацій, зокрема за допомогою методів ймовірнісного підходу.

Запропонована методика характеризується значною практичною економічністю у порівнянні з аналітикою експертів, яка вимагає більших фінансових та часових витрат. Методика побудови рейтингового списку банків, що використовує широко доступну користувачам інформації про банк у вигляді оприлюдненої фінансової звітності і результати якої відповідають економічно-математичній логіці показників фінансової стійкості, дозволяє користувачеві розуміти прозорість фінансових розрахунків.

Список використаної літератури:

1. Ачкасов А. И. «Балансы коммерческих банков и методы их анализа. Вопросы ликвидности и их отражение в банковских балансах». М.: «Консалтбанкир», 1993. – 540 с.
2. Новикова В. В. «Методологические основы формирования рейтинга надежности коммерческих банков» // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук. - М., 1996. с.15-16.
3. Рид Э., Коттер Р., Гилл Э., Смит Р. «Коммерческие банки». - М.: Космополис, 1991. - 187 с..
4. Довгялло М. И др. «Методология рейтингового анализа коммерческих банков» // Рынок ценных бумаг 1999, № 20.
5. Гумен І. «Складові банківських рейтингів» // Вісник НБУ. - 2000. - №1. - с. 57-60
6. Семенов С. «Рейтинговая методика оценки эффективности банков // Банковские технологи» (рус.). - 2006. - № 2. - с.59-62.
7. Вітлінський В., Пернарівський О. «Фінансова стійкість як системна характеристика комерційного банку» // Банківська справа. – 2000. - №6. – с.48-50.
8. Буздалин А.В. «Рейтинги значимости банков». [Электронный ресурс] – Режим доступа до матеріалу : <http://www.bankclub.ru/library.htm?id=1>
9. Буздалин А.В. «Экспресс-оценка работы банка». [Электронный ресурс] – Режим доступа до матеріалу : <http://www.buzdalin.4u.ru/text/banks/t6/ bkbr3.html>
10. Буздалин О.В. «Методика раннього виявлення банків, що потребують уваги спеціалістів». [Электронный ресурс] – Режим доступа до матеріалу: <http://www.buzdalin.ru/banks/t6/ bkbr3.html>.
11. Уповноважені рейтингові агентства, включені до Державного реєстру уповноважених рейтингових агентств // Дані офіційного сайту ДКЦПФР [Електронний ресурс] – Режим доступу до матеріалу : <http://old.ssmc.gov.ua/>
12. Інструкція «Про порядок регулювання діяльності банків в Україні»: Постанова Правління НБУ від 28.08.2001р. № 368, зі змінами від 17.12.2007р.

РОЗРОБКА І ВИКОРИСТАННЯ WEB-СЕРВІСІВ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ ЕКОНОМІЧНОГО МОДЕ-

ЛЮВАННЯ І ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Ю.В. Триус, С.О. Говорухін, К.І. Галасун,
Є.В. Магер, Б.Л. Ткаченко
м. Черкаси, Черкаський державний технологічний університет

Вступ

Помилки в управлінні складними економічними системами мають надзвичайно високу ціну. Для виключення або, щонайменше, зниження ризику виникнення таких помилок доцільно використовувати математичні моделі, що враховують і відтворюють у математичній формі весь спектр істотних співвідношень між різними кількісними характеристиками і параметрами керованих систем та навколишнього середовища. Завдання управління, що спираються на коректно побудовані математичні моделі, приводять до достовірних, придатних для практичного застосування результатів, однак є досить складними, і для їх вирішення, як правило, не існує простих рецептів і явних формул. Тим самим об'єктивно виникає потреба в розробці спеціальних методів вирішення поставлених завдань на основі сучасних досягнень прикладної математики, дослідження операцій, теорії прийняття рішень.

Ці методи вимагають значних обчислювальних витрат, виконання яких без використання сучасних інформаційних технологій практично неможливе.

При цьому все частіше використовується web-орієнтоване програмне забезпечення, що створюється на основі хмарних технологій.

У статті розглядаються web-сервіси для розв'язування деяких задач динамічного програмування, задачі оцінювання ризику банкрутства підприємства на основі апарату нечітких множин, задач прийняття рішень методом аналізу ієрархій, що розробляються авторами або використовуються у навчальному процесі ВНЗ при викладанні дисциплін, пов'язаних із застосуванням інформаційних технологій в економіці, комерції та бізнесі.

1. Web-сервіс для розв'язування деяких задач динамічного програмування.

Динамічне програмування – математичний метод пошуку оптимальних рішень в управлінні багатокроковими процесами, в яких стан досліджуваних систем змінюється в часі або поетапно. Теоретичною основою методу динамічного програмування (ДП) є принцип оптимальності Р. Беллмана [1], що має широку сферу використання в економіці, техніці, природознавстві та ін.

На жаль існує незначна кількість доступного програмного забезпечення під web для розв’язування задач методом динамічного програмування, тому завдання створення таких засобів є актуальною проблемою.

Web-сервіс «Динамічне програмування» – це програмний модуль порталу «Логістика», що розробляється в ЧДТУ за участю авторів (<http://logistics.cdtu.edu.ua>), який знаходиться у розділі «Консалтинг» – «Задачі управління» і доступ до нього надається зареєстрованим користувачам порталу з певними правами доступу (рис. 1).

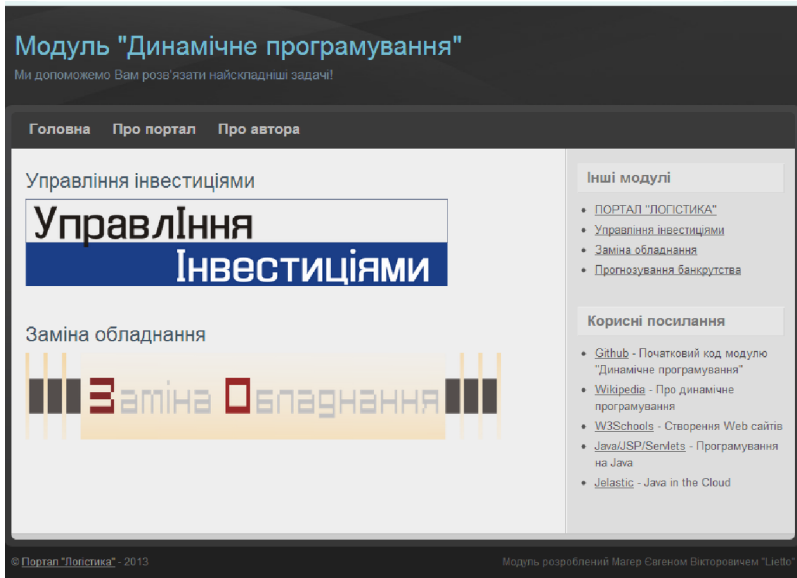


Рис. 1. Головне вікно web-сервісу «Динамічне програмування»

Модуль складається з двох частин:

1. Модуль для розв'язування задачі розподілу коштів між підприємствами (управління інвестиціями).

2. Модуль для розв'язування задачі заміни обладнання.

Розглянемо детальніше роботу з модулем «Управління інвестиціями». Користувачу після вибору потрібної задачі надається можливість ввести вхідні дані з клавіатури у вигляді таблиці, або завантажити їх з Excel-файла (рис. 2).

Головна Привітання Про задачу Про портал Про автора

Управління Інвестиціями

Спочатку потрібно ввести початкові дані

Введіть кількість підприємств: 4

Введіть суму вкладення: 5000 грн

Введіть кратність вкладень: 1000 грн

Далі

*Усі поля обов'язкові

Завантажити .XLS

Заповнити вручну

Завантажте .xls або .xlsx файл з Вашими вхідними даними про доходи для кожного підприємства у відповідності до обсягу інвестицій.

Кількість стовпчиків у таблиці = 4 (по кількості підприємств)

Кількість рядків у таблиці = 5 (відношення суми вкладень до кратності вкладень)

Оберіть файл для завантаження:

Оберіть файл

Обрахувати

Постановка задачі

В даній задачі розглядається виробнича система, яка складається з n підприємств. Плановий період складається з інтервалів-частин (наприклад, років), і протягом даного періоду слід використати суму коштів, що має бути розподілена між цими підприємствами. Відомі прибутки, які приносять вкладення коштів, наприклад, вкладення у перше підприємство обсягом X приносить прибуток Y , а друге підприємство дає з такої ж суми прибутку Z . Необхідно розподілити кошти на заданий період так, щоб досягти максимального прибутку за весь плановий період.

Інші модулі

- ПОРТАЛ "ЛОГІСТИКА"
- Заміна обладнання
- Прогнозування банкрутства

Корисні посилання

- GitHub - Початковий код модулю "Динамічне програмування"
- Wikipedia - Про динамічне програмування
- W3Schools - Створення Web сайтів
- Java/JSP/Servlets - Програмування на Java
- Jelastic - Java in the Cloud

Рис. 2. Сторінка ведення/завантаження даних задачі про управління інв

Після введення/завантаження вхідних даних і натискання кнопки «Обрахувати» на екран будуть виведені проміжні обрахунки і результати розв'язування обраної задачі, що супроводжуються відповідними графічними побудовами (рис. 3-4).

Розробка програмного забезпечення для модуля «Динамі-

чне програмування» виконувалася у середовищі програмування Eclipse на мові програмування Java версії 7. Як сервер обробки вмісту JSP-сторінок застосовувався Apache Tomcat 7. Також для вирішення специфічних завдань таких, як побудова графіків та генерація відповідних зображень цих графіків, для парсеру формул, введених у рядковому форматі, для імпорту excel-файлів, використовувалися вільно поширювані бібліотеки JFreeChart, MathCompiler та POI Apache відповідно.

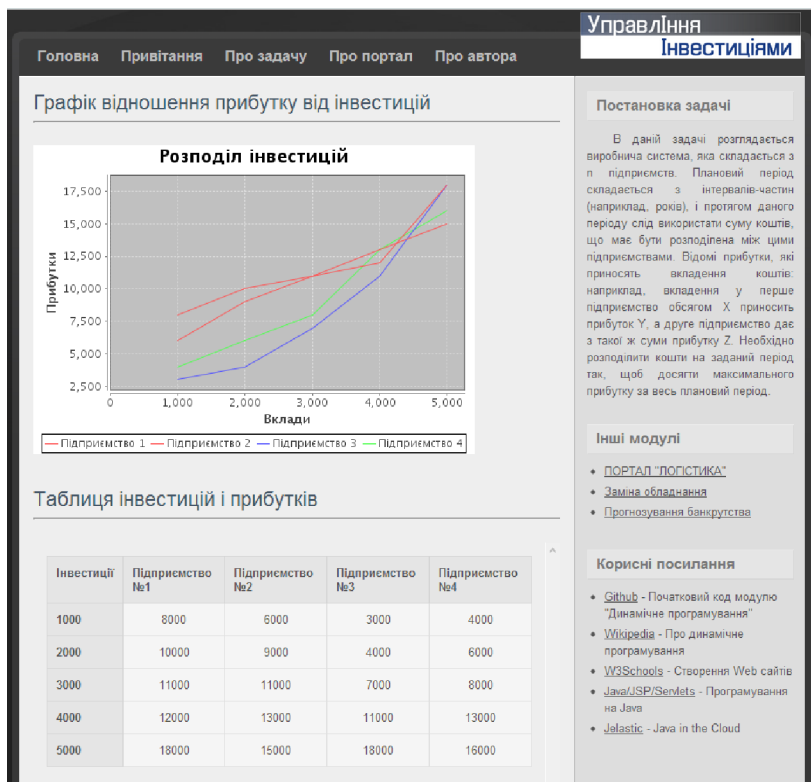


Рис. 3. Сторінка з результатами обрахунків (початок)

Web-сервіс «Динамічне програмування» може бути використаний у навчальних цілях при вивченні дисциплін, де розглядаються питання застосування динамічного програмування для розв'язування задач моделювання економіки.

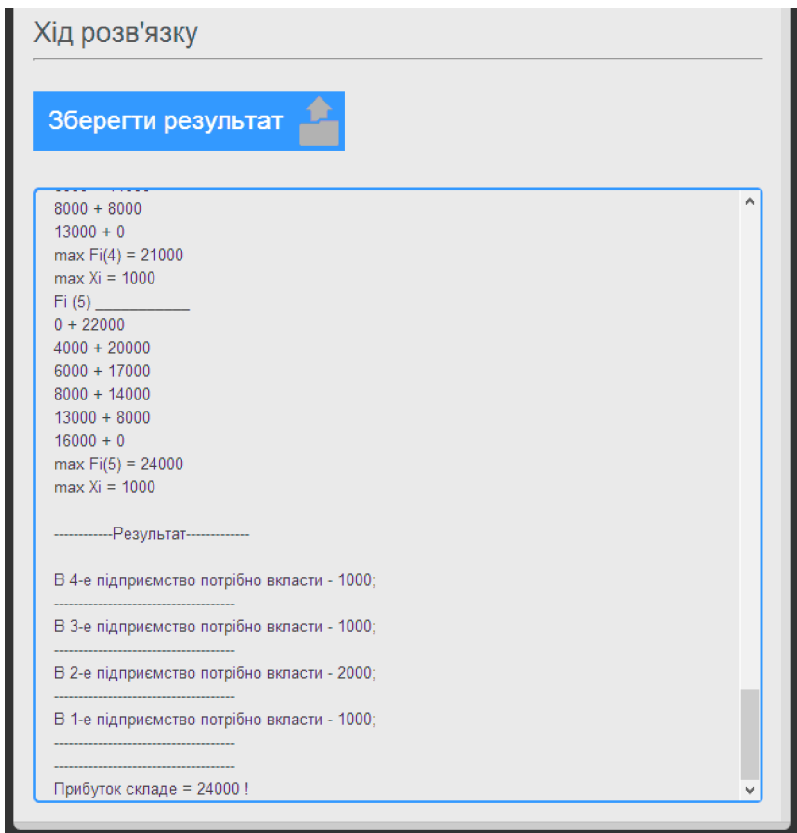


Рис. 4. Фрагмент сторінки з проміжними обрахунками і результатами розв'язування задачі управління інвестиціями

На рис. 5-6 подано фрагменти розв'язування задачі заміни обладнання за допомогою web-сервісу «Динамічне програмування».

У перспективі планується у web-сервісі «Динамічне програмування» реалізувати розв'язування ще кількох задач економічного моделювання: задачу про надійність, задачу про завантаження (про рюкзак), задачу календарного планування трудових ресурсів; задачу управління запасами (збереження готової продукції), задача про оптимальний розподіл ресурсів між галузями економіки (див., наприклад, [2]).

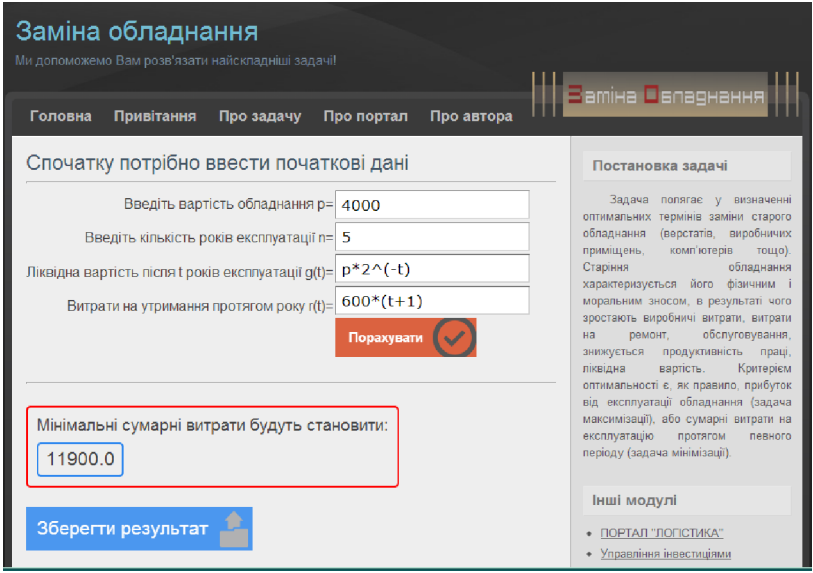


Рис. 5. Сторінка з вхідними даними і результатами обрахунків для задачі заміни обладнання

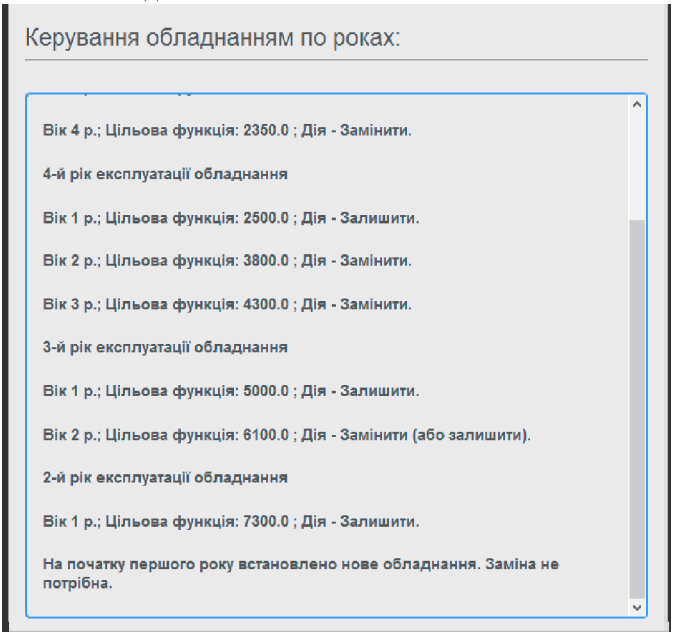


Рис. 6. Фрагмент сторінки з проміжними обрахунками і результатами розв'язування задачі

2. Web-сервіс для розв'язування задачі оцінювання ризику банкрутства підприємства.

Банкрутство підприємства – процес, у якому підприємство, нездатне розрахуватися з кредиторами, позбавляється майна за рішенням суду, яке після цього розподіляється між кредиторами відповідно до встановленої законом черговості виплати боргів кредиторам, таких як податки і заробітна плата працівникам організації-банкрута.

Як відомо, банкрутство підприємства може наставати в результаті цілого ряду взаємопов'язаних між собою причин (див., наприклад, [3]):

- *причини з зовнішнього оточення підприємства*, куди відносимо політичні, зовнішньоекономічні, технологічні і соціальні причини, які підлягають спеціальному PETS-аналізу (P - political, E - economical, T - technological, S - social);

- *ринкові причини* – до них відносяться: слабка позиція підприємства на ринку збуту продукції, високий рівень конкуренції, нестійкість і вузькість зайнятої ринкової ніші та інші;

- *внутрішньоекономічні причини*, до числа яких входять витратність, ресурсомісткість, неекологічність виробництва, морально застарілі технології, зношеність основних фондів, неоптимізоване оподаткування, низька продуктивність праці та інші;

- *фінансові причини* – незадовільний рівень дебіторської (кредиторської) заборгованості і низька якість її обслуговування, дефіцит обігових коштів, незадовільний рівень ліквідності, недостатня автономія та інші причини, що призводять до накопичення збитків, штрафних санкцій та інших негативних фінансових результатів;

- *управлінські причини*, до числа яких входять низький рівень управлінської культури топ-менеджменту та фінансистів підприємства, відсутність ефективного управлінського обліку фінансових операцій, неналежне управління фінансами, неефективна рекламна та маркетингова діяльність відповідних служб,

а також інших причин, що в результаті негативно відображаються на рівні всіх сфер бізнес-активності підприємства.

Рівень ризику банкрутства – це комплексний показник, що характеризує як фінансове положення підприємства, так і

якість управління ним, яка, в решті-решт, одержує своє вираження у фінансовому еквіваленті, але не вичерпується лише фінансовими наслідками.

Найбільш поширеним підходом до аналізу ризику банкрутства підприємства є підхід Альтмана (див., наприклад, [4]), а також ряд аналогічних підходів: модель Ліса, модель Чессер, модель Давидової-Белікова. Вони відносяться до так званих «кількісних» підходів.

Але, як зазначає Недосекін О.О. [5], підхід Альтмана не володіє стійкістю до варіацій у вихідних даних. Статистика, на яку спирається Альтман і його послідовники, можливо, і репрезентативна, але вона не володіє важливою властивістю статистичної однорідності вибірки подій.

Оцінювати ризик банкрутства підприємства тільки за станом його фінансів недостатньо, оскільки коли проблеми підприємства починають відображатися на рівні фінансів, часто буває вже пізно що-небудь виправляти, і банкрутство неминуче. Просто фінанси традиційно є найбільш спостережуваними артефактами підприємства, тому що мають стандартне кількісне вираження в облікових записях і звітних формах. Всі інші аспекти діяльності корпорації кількісному вимірюванню можуть не підлягати зовсім. І тоді доводиться при оцінюванні цих слабо вимірних факторів вдаватися до штучних прийомів. Характерним прикладом служить підхід Аргенті, де кожному фактору банкрутства корпорації зіставляється кількісна бальна шкала [4]. Результат оцінювання ризику банкрутства – стан так званого А-рахунку: чим більше рахунок, тим вище ризик.

Близькими до підходу Аргенті є підходи, які можна умовно назвати «якісними». Вони ґрунтуються на вивченні окремих характеристик, притаманних бізнесу, що рухається у напрямі до банкрутства. Якщо для досліджуваного підприємства характерна наявність таких характеристик, можна дати експертний висновок про несприятливі тенденції діяльності підприємства. При цьому треба відзначити, що при аналізі розглядаються не тільки фінансові показники, але й показники, що характеризують рівень менеджменту на підприємстві.

Суттєво посилити підхід до аналізу ризику банкрутства підприємства можна шляхом об'єднання обліку кількісних

(фінансових) і якісних (індикаторних) показників в аналізі, причому розглядаючи їх не тільки в статистиці, але й в динаміці. Проте наявні методи не надають аналітикам подібної можливості.

Одним з ефективних підходів до аналізу ризику банкрутства підприємства є підхід заснований на використанні апарату нечітких множин, що враховує зазначені вище недоліки існуючих підходів.

Авторами розроблено web-сервіс «Прогнозування банкрутства підприємства» для розв'язування задачі про оцінювання ризику банкрутства підприємства на основі апарату нечітких множин, в якому реалізовано підхід, запропонований Недосєкіним О.О. у роботі [3].

Для отримання результатів оцінювання ризику банкрутства підприємства користувачу web-сервіса потрібно зробити декілька кроків.

На першому кроці для розв'язування задачі про оцінювання ризику банкрутства підприємства користувачу необхідно вказати назву підприємства (за бажанням), для якого розв'язується задача, і кількість груп факторів, які характеризують діяльність підприємства.

На другому кроці користувач вказує назви груп факторів, кількість факторів у кожній групі, а також вказує важливість (перевага або рівність) кожної групи по відношенню до наступної групи.

На третьому кроці користувач вказує назви всіх факторів кожної групи, рівень, який характеризує кожен фактор, виражений у словесній формі: «Дуже низький», «Низький», «Середній», «Високий», «Дуже високий», при цьому вищий показник – кращий, наприклад, рівень «Середній» краще за рівень «Низький». Також вказується важливість (перевага або рівність) кожного фактора по відношенню до інших факторів групи.

В результаті виконання описаних кроків на екран подається структурований опис вхідних даних про підприємство, а також виводяться результати визначення рівня стану кожної групи факторів і рівня ризику банкрутства підприємства (рис. 7).

Прогнозування банкрутства підприємства

[Головна](#)
[Розв'язування](#)
[Методика](#)
[Про програму](#)
[Автори](#)
[Допомога](#)
[Джерела](#)

ООО Прогрес

Кількість груп факторів - 2

Група "Рівень фінансів підприємства" має факторів - 6

- "Рівень миттєвої ліквідності" (Дуже низький)
- "Рівень забезпеченості оборотного капіталу власними коштами" (Середній)
- "Рівень промислої ліквідності" (Низький)
- "Рівень фінансової автономії" (Високий)
- "Рівень рентабельності" (Середній)
- "Рівень оборотності активів" (Середній)

Група "Рівень управління підприємством" має факторів - 4

- "Рівень топ-менеджменту" (Середній)
- "Рівень фінансового менеджменту" (Високий)
- "Рівень підрозділів маркетингу і реклами" (Низький)
- "Рівень розвитку дистрибуторської мережі та філій" (Високий)

Опис етапу розв'язування задачі

У даному вікні подано структурований опис вхідних даних про підприємство, а також виводяться результати обчислень рівня ризику банкрутства підприємства.

Корисні посилання

- [Портал "Політика"](#)
- [Wikipedia](#) - Нечітка логіка
- [HTMLBook.ru](#) - Посібник по HTML і CSS
- [PHP.net](#) - Посібник по PHP

...

Маємо такі залежності між групами :

"Рівень фінансів підприємства" = "Рівень управління підприємством"

Маємо такі залежності між факторами:

"Рівень миттєвої ліквідності" = "Рівень забезпеченості оборотного капіталу власними коштами" > "Рівень промислої ліквідності" > "Рівень фінансової автономії" = "Рівень рентабельності" = "Рівень оборотності активів"

"Рівень топ-менеджменту" > "Рівень фінансового менеджменту" > "Рівень підрозділів маркетингу і реклами" = "Рівень розвитку дистрибуторської мережі та філій"

Стан підприємства низький.

Група "Рівень фінансів підприємства" має "низький" рівень.
Відповідність еталонному рівню 91.3636363636%

Група "Рівень управління підприємством" має "середній" рівень.
Відповідність еталонному рівню 94.2857142857%

Ступінь ризику банкрутства підприємства "висока".
Відповідність рівню 96%

Зберегти

© Портал "Політика" - 2013
Модуль розробив Ткаченко Євген. Переглянути

Рис. 7. Фрагмент вікна програми «Прогнозування банкрутства підприємства» з результатами розв'язання задачі

Вхідні дані про підприємство і одержані результати можна зберегти у xls-файлі і використовувати їх у подальшій роботі. Також вхідні дані можна підготувати в окремому xls-файлі (за певною структурою) й завантажити їх для проведення аналізу

стану підприємства в автоматичному режимі.

Web-сервіс реалізовано мовою PHP і розміщено на сервері ЧДТУ як модуль порталу «Логістика», який створюється на кафедрі комп'ютерних технологій.

Web-сервіс «Прогнозування банкрутства підприємства» може бути використаний у навчальних цілях при вивченні дисциплін, де розглядаються питання застосування нечітких моделей і методів у системах підтримки прийняття рішень. Також сервіс буде корисним представникам малого і середнього бізнесу для розв'язування реальних задач про оцінювання ризику банкрутства підприємства.

3. Web-сервіси для розв'язування задач підтримки прийняття рішень методом аналізу ієрархій.

Метод аналізу ієрархій (МАІ) (Analytic hierarchy process (АНР)) – математичний інструмент системного підходу до вирішення складних проблем прийняття рішень, розроблений американським ученим Т. Л. Сааті у 1970 р. (див., наприклад, [6]). Основне застосування методу – підтримка прийняття рішень за допомогою ієрархічної композиції завдання та рейтингування альтернативних рішень.

Популярність МАІ обумовлена тим, що він надає можливість: провести аналіз проблеми; провести збирання даних з проблеми; оцінити суперечливість даних і мінімізувати її; провести синтез проблеми ухвалення рішення; організувати обговорення проблеми, сприяє досягненню консенсусу; оцінити важливість урахування кожного рішення і важливість урахування кожного фактора, що впливає на пріоритети рішень; оцінити стійкість прийнятого рішення.

Реалізація методу аналізу ієрархій передбачає такі етапи:

Етап 1. Визначення мети і побудова ієрархічної структури задачі;

Етап 2. Визначення пріоритетів елементів ієрархічної структури за методом попарних порівнянь;

Етап 3. Знаходження вектора пріоритетів;

Етап 4. Оцінювання узгодженості (однорідності) суджень експертів;

Етап 5. Ієрархічний синтез;

Етап 6. Оцінка однорідності ієрархії;

Етап 7. Агрегація думок декількох експертів.

Метод ієрархій має значну кількість достоїнств. Разом з тим, виконання зазначених етапів для розв'язування задач зі складною ієрархією вимагає значних обчислювальних і часових ресурсів, навіть з використанням систем комп'ютерної математики (Mathcad, Matlab), що полегшують виконання операцій над матрицями порівнянь, знаходження їх власних значень та власних векторів, інших обчислювальних процедур, передбачених цим методом.

Крім того, формування структури моделі ухвалення рішення в методі аналізу ієрархій досить трудомісткий процес, результати парних порівнянь можуть бути суперечливими, при цьому виникає необхідність перегляду даних для мінімізації протиріч. Процедура парних порівнянь і процес перегляду результатів порівнянь для мінімізації протиріч часто є трудомісткими.

Тому при вивченні методу аналізу ієрархій у ВНЗ, зокрема на комп'ютерних і економічних спеціальностях, а також при розв'язуванні реальних задач з прийняття рішень, актуальною є проблема автоматизації застосування цього методу.

Одним з шляхів вирішення цієї проблеми є використання відповідного програмного забезпечення, доступного в мережі Internet, зокрема з використанням хмарних технологій.

Авторами здійснено аналіз доступних для використання web-орієнтованих програмних засобів, що функціонують за SaaS-технологією, результати якого подано нижче.

1. Онлайн система «*Decision Lens*» (<http://www.decisionlens.com/>) призначена для підтримки процесу прийняття рішень для отримання оптимальних результатів в умовах обмеженості ресурсів. Система розроблена за підтримки розробника MAI доктора Томаса Сааті. Головною особливістю системи є організація онлайн хоста для проведення віртуальних зустрічей експертів для прийняття спільних рішень протягом спеціально виділених сесій (рис. 8).

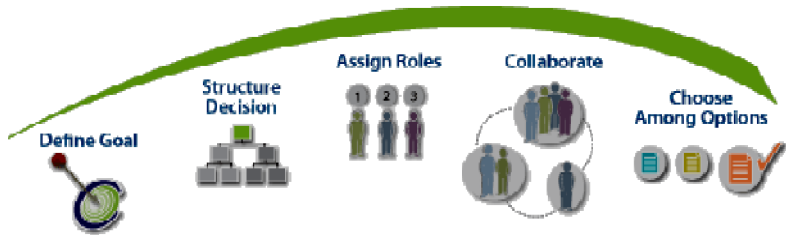


Рис. 8. Основні етапи роботи з онлайн системою «Decision Lens» за методом аналізу ієрархій [7]

Інтерактивний спрощений інтерфейс надає можливість проводити голосування експертів шляхом введення результатів у робочу область.

Система підтримує створення одночасних сценаріїв; дозволяє встановлювати пріоритети на кожному рівні ієрархії шляхом попарних порівнянь; перевіряти вплив зміни пріоритетів методом аналізу чутливості; надає можливість застосовувати бізнес-правила для розподілу бюджету, має розвинені засоби візуалізації результатів роботи. Особливості системи:

- робота виключно через мережу Інтернет (онлайн сесії);
- вдосконалений оригінальний метод доктора Т. Сааті;
- орієнтованість на розв'язування складних бізнес-задач;
- вбудований персональний помічник для кожного аккаунту (Client Decision Manager);
- комерційний продукт;
- навчальна дистанційна програма для університетів.

2. Онлайн система «*Expert Choice*» також базується на класичному методі MAI (<http://expertchoice.com/>). Система надає можливість будувати багаторівневі ієрархії, проводити попарні порівняння альтернатив і критеріїв за допомогою таблиць і графічно. Розраховує індекси узгодженості експертів і дозволяє відразу скорегувати висновки експертів і перерахувати результати. Система має можливість графічно відтворювати результати аналізу у різних перспективах, виконувати імпорт/експорт даних. Це комерційний продукт, що включає ряд рішень:

- веб-сервіс «*Comparison™ TeamTime*» призначений для співпраці у реальному часі для візуалізації і узгодження

пріоритетів, обговорення питань, що викликають розбіжності експертів, їх візуалізація і документування (рис. 9);

- «Comparison™ Suite» – онлайн сервіс, що реалізує процес підтримки прийняття рішень на базі MAI;
- «Expert Choice Inside» – рішення для інтеграції у програмне забезпечення у вигляді додаткових функцій;
- «Expert Choice Desktop Limited Academic Version» - обмежена десктопна система в рамках співпраці з університетами.

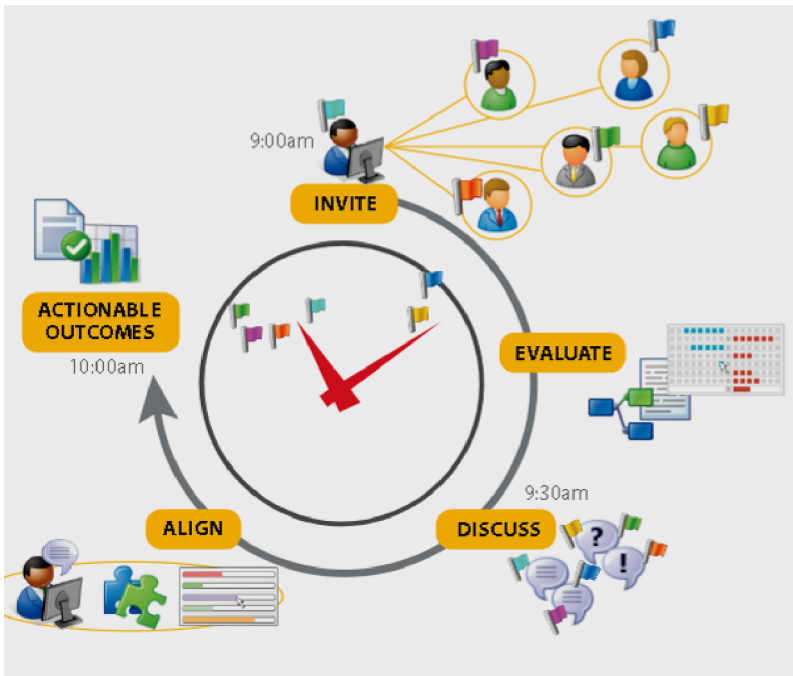


Рис. 9. Схема співпраці з використанням веб-сервісу «Comparison™ TeamTime» онлайн система «Expert Choice»

3. Онлайн система «MakeItRational» – програмне забезпечення прийняття рішень на основі аналізу ієрархій [8]. MakeItRational – комерційна система, що включає такі рішення:

- онлайн-сервіс «MakeItRational Basic» – може містити 1 проект і 2 експерта;

- онлайн-сервіс «MakeItRational Team» – 3 проекти і 10 експертів;
- онлайн-сервіс «MakeItRational Professional» – 5 проектів і 25 експертів;
- десктопна система «*MakeItRational Desktop*» – для автономного використання.

Система надається у користування як SaaS-сервіс. У програмі закладено логіку MAI (рис. 10) і методу аналітичних мереж Т. Сааті [9].



Рис. 10. Основні етапи роботи з онлайн-сервісом MakeItRational за методом аналізу ієрархій [8]

Програма надає можливість роботи одночасно з кількома експертами. Система схематично відображає структуру ієрархії, таблицю попарних порівнянь, значення вагів критеріїв, вагу альтернатив по кожному критерію. Є можливість виконати аналіз чутливості і представити результати у графічному вигляді (рис. 11). Система надає широкі можливості редагування, збереження, завантаження і візуалізації даних онлайн. Крім того, програма має вбудовану систему створення, експорту і друку звітів.

Метод аналізу ієрархій може служити надбудовою для інших методів, призначених вирішувати погано формалізовані задачі, де більш адекватно підходять людські досвід і інтуїція, ніж складні математичні розрахунки.

Метод відображає природний хід людського мислення і дає більш загальний підхід, ніж метод логічних ланцюгів. Він

не тільки дає спосіб виявлення найбільш кращого рішення, але й надає можливість кількісно виразити ступінь переваги за допомогою рейтингування. Це сприяє повному і адекватному виявленню переваг особи, що приймає рішення. Крім того, оцінка міри суперечливості використаних даних дає можливість встановити ступінь довіри до отриманого результату. Знання математичних основ методу аналізу ієрархій і вміння використовувати програмні засоби, що реалізують цей метод, для прийняття рішень є важливою складовою професійної підготовки студентів ВНЗ, зокрема тих, які навчаються на спеціальностях «Системи і методи прийняття рішень», «Прикладна математика», «Інформаційні управляючі системи та технології», «Економічна кібернетика».

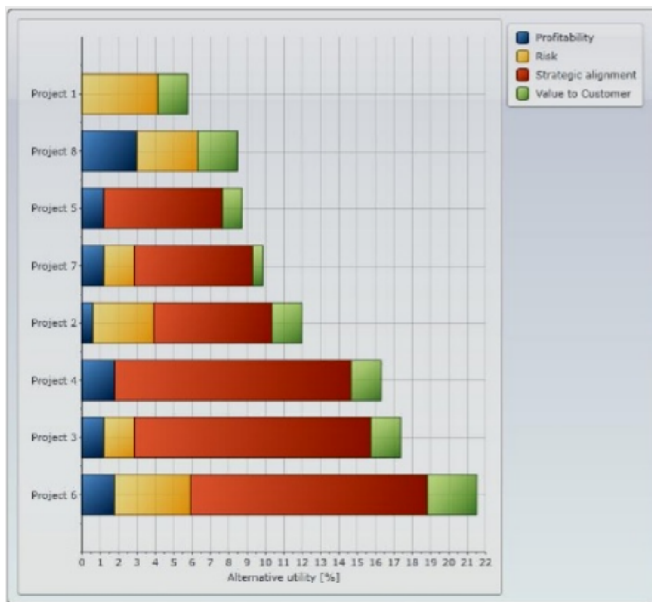


Рис. 9. Один з варіантів візуального подання результатів роботи онлайн-сервісу MakeItRational

Авторами накопичено певний досвід як щодо навчання методу аналізу ієрархій студентів комп'ютерних і економічних спеціальностей, так і застосування його для розв'язування задач логістики.

Висновки

Розглянуті web-сервіси не вичерпують все різноманіття програмних засобів для розв'язування зазначених у статті задач. Разом з тим вони можуть бути використані у навчальних цілях при вивченні дисциплін, де розглядаються методи і системи підтримки прийняття рішень.

Також розглянуті web-сервіси будуть корисними представникам малого і середнього бізнесу для розв'язування реальних економічних задач.

Список використаної літератури:

1. Беллман Р. Динамическое программирование. – М.: Изд-во Иностранная литература, 1960. – 400 с.
2. Динамическое программирование в экономических задачах с применением системы MATLAB / Н.П. Визгунов. – Н. Новгород: ННГУ, 2006. – 48 с.
3. Недосекин А.О. Оценка риска бизнеса на основе нечетких данных: Монография. – СПб, 2004. – 100 с.
4. Эйтингон В., Анохин С. Прогнозирование банкротства: основные методики и проблемы. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: http://www.iteam.ru/publications/strategy/section_16/article_141/.
5. Недосекин А.О. Нечетко-множественный анализ рисков фондовых инвестиций. СПб, Типография «Сезам», 2002. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: http://sedok.narod.ru/sc_group.html.
6. Саати Т. Принятие решений: Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1993.– 278 с.
7. Collaboration Software for Organizational Decision-Making. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://expertchoice.com/products-services/comparion-suite/>.
8. Сайт програми MakeItRational. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://makeitrational.com/>.
9. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. – Москва: Издательство ЛКИ, 2008. – 360 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРЫ ОПЕРАЦИОННЫХ ЗАТРАТ НА НАЛОГОВУЮ НАГРУЗ-

КУ НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ С 2007 ПО 2011 ГОДЫ

И. А. Гребешкова, А. В. Цуканов
г. Севастополь, Севастопольский национальный технический
университет

Рассмотрение вопроса эффективного функционирования бизнеса в условиях действующей налоговой системы часто отождествляют с определением эффективной налоговой нагрузки с последующим определением ставок по конкретным налогам. Но так как налоги устанавливаются на общегосударственном уровне, и предприятие самостоятельно не вправе их менять, то в связи с этим необходимо рассматривать вопрос определения таких внутренних параметров работы предприятия, которые бы обеспечивали оптимальный уровень налоговой нагрузки.

Для предприятия оптимальный уровень налоговой нагрузки чаще всего является минимальным, но обеспечивающим рентабельность бизнеса. В качестве параметров работы предприятия может выступать структура операционных затрат.

С целью изучения влияния структуры затрат на налоговую нагрузку, рассмотрим предприятие, производящее и реализующее только один вид продукции. Для такого предприятия была создана концептуальная модель налогового механизма предприятия, задающая зависимость налоговой нагрузки от производственных факторов [1]. При формировании модели использовались следующие предположения.

Входными параметрами модели являются: структура операционных затрат, коэффициент использования производственных мощностей, ставки налоговых платежей, объем производства.

Выходными параметрами модели являются показатели, характеризующие хозяйственную деятельность предприятия в рамках налогового поля: налоговая нагрузка и рентабельность.

Формула для расчета налоговой нагрузки ξ имеет вид

$$\xi = \frac{T}{av}, \quad (1)$$

где T - общая сумма налоговых платежей, начисленных хо-

зяйствующему субъекту за анализируемый период, av - вновь созданная стоимость хозяйствующего субъекта за анализируемый период.

Вновь созданная стоимость в модели рассчитывается по формуле

$$av = V \cdot p - m - d, \quad (2)$$

где V - объем производства, p - рыночная цена товара, m - материальные затраты на производство, d - объем амортизационных отчислений.

Общая сумма налоговых платежей, начисляемых предприятию в процессе хозяйственной деятельности, в модели состоит из единого социального взноса (ЕСВ), включенного в себестоимость продукции, налога на прибыль, НДС. Эти налоги являются основой формирования доходов бюджета и являются общими для всех отраслей промышленности.

Рентабельность рассчитывается как отношение чистой прибыли к затратам предприятия.

Общие издержки предприятия по производству и реализации продукции – это сумма материальных затрат на производство, фонд оплаты труда, объем амортизационных отчислений и ЕСВ.

Объем амортизационных отчислений в модели рассчитывается по формуле

$$d = d_{am} \cdot c_p \cdot V, \quad (3)$$

где d_{am} - доля амортизации в структуре операционных затрат, c_p - затраты на единицу продукции.

Материальные затраты на производство рассчитываются по формуле

$$m = V \cdot d_m \cdot c_p, \quad (4)$$

где d_m - доля материальных затрат в структуре операционных затрат.

Фонд оплаты труда определяются на основе формулы

$$pl = V \cdot sh_{pl} \cdot c_p, \quad (5)$$

где d_{pl} - доля фонда оплаты труда в структуре операционных

затрат.

Расчет всех экономических показателей, характеризующих хозяйственную деятельность предприятия, производится исходя из цены рынка. Цена рынка устанавливается с учетом рентабельности по промышленности в целом.

Путём агрегирования статистической информации, произведем с помощью модели расчет налоговой нагрузки по отраслям промышленности Украины, используя данные о структуре затрат, с учетом 4,8 % рентабельности продукции в целом по промышленности Украины за 2011 год [6].

Расчет налоговой нагрузки будет произведен по отраслям: добыча топливно-энергетических материалов; добыча неэнергетических материалов; производство пищевых продуктов; текстильная промышленность и пошив одежды; производство шкуры и изделий; обработка древесины и изделий, кроме мебели; целлюлозно-бумажное производство, издательская деятельность; производство кокса и продуктов нефтепереработки; химическая и нефтехимическая промышленность; производство другой неметаллической минеральной продукции; металлургия и обработка; производство машин и оборудования; производство и распределение электроэнергии, газа и воды; производство электрического, электронного и оптического оборудования; производство транспортных средств и оборудования.

Для расчетов приняты следующие ставки налоговых платежей: ЕСВ - 38,16 % [6], НДС - 20 %, налог на прибыль - 20 %, НДС на материалы, приобретенные для производства - 20 %.

Основные экономические показатели за 2011 год по промышленности Украины следующие: материальные затраты - 807528,7 млн. грн.; ФОТ - 102895,1 млн. грн.; объем производства, (работ, услуг) - 13289,75 млн. шт. условных единиц продукции; амортизационные отчисления - 42916,4 млн. грн.; другие затраты - 95149,6 млн. грн. [6].

Результаты расчета налоговой нагрузки по отраслям промышленности представлены в таблице 1.

Таблица 1

Налоговая нагрузка по отраслям промышленности Украины за 2011 год

| № п/п | Отрасль | Налоговая нагрузка, (%) |
|-------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 1 | Добыча топливно-энергетических материалов | 34,8 |
| 2 | Добыча неэнергетических материалов | 27,7 |
| 3 | Производство пищевых продуктов | 24,4 |
| 4 | Текстильная промышленность и пошив одежды | 30,1 |
| 5 | Производство шкуры и изделий | 28,9 |
| 6 | Обработка древесины и изделий, кроме мебели | 27,5 |
| 7 | Целлюлозно-бумажное производство, издательская деятельность | 26,0 |
| 8 | Производство кокса и продуктов нефтепереработки | 23,8 |
| 9 | Химическая и нефтехимическая промышленность | 26,3 |
| 10 | Производство другой неметаллической минеральной продукции | 27,0 |
| 11 | Металлургия и обработка | 25,2 |
| 12 | Производство машин и оборудования | 28,1 |
| 13 | Производство и распределение электроэнергии, газа и воды | 34,3 |
| 14 | Производство электрического, электронного и оптического оборудования | 27,8 |
| 15 | Производство транспортных средств и оборудования | 26,6 |

Исходя из расчетов максимальная налоговая нагрузка в размере 34,8%, соответствует отрасли добычи топливно-энергетических материалов. Минимальный уровень налоговой нагрузки в размере 23,8% соответствует производству кокса и продуктов нефтепереработки.

С целью исследования влияния структуры затрат и затрат на единицу продукции на налоговую нагрузку предприятия был проведен вычислительный эксперимент. Использован план полного факторного эксперимента.

В эксперименте исследовалось влияние затрат на единицу продукции и следующих элементов структуры затрат: материальные затраты, амортизационные расходы и фонд оплаты

труда.

Рыночная цена принята подчиненной нормальному закону со средней 129,79 грн. и стандартным отклонением 0,001, причем, средняя цена рынка соответствует рентабельности 4,8 % по отрасли с максимальным уровнем затрат на единицу продукции [6]. Элементы изменялись на двух уровнях (таблица 2).

Таблица 2
Интервалы изменения элементов структуры затрат для полного факторного эксперимента

| Элемент структуры затрат | Значение | |
|---------------------------------------|-------------|--------------|
| | Минимальное | Максимальное |
| 1. Материальные затраты, % | 26,2 | 91,6 |
| 2. Амортизационные расходы, % | 2,0 | 9,4 |
| 3. Фонд оплаты труда, % | 2,4 | 25,5 |
| 4. Затраты на единицу продукции, грн. | 56,3 | 103,2 |

Результаты эксперимента представлены в таблице 3.

Модель взаимосвязи средней величины $\bar{\xi}_{av}$, элементов структуры затрат и затрат на единицу продукции будет иметь вид:

$$\bar{\xi}_{av} = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot d_m + \alpha_2 \cdot d_{am} + \alpha_3 \cdot d_{pl} + \alpha_4 \cdot c_p + u, \quad (6)$$

где $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ - коэффициенты регрессионного уравнения; $\bar{\xi}_{av}$ - средняя величина ξ ; d_m - доля материальных затрат; d_{am} - доля амортизационных расходов; d_{pl} - доля фонда оплаты труда; c_p - затраты на единицу продукции; u - случайная составляющая с нормальным законом распределения, средним равным нулю и стандартным отклонением σ . Величина $\bar{\xi}$ представляет собой среднее значение по 1000 независимым наблюдениям эксперимента, и поэтому можно считать, что эта величина имеет нормальный закон распределения.

Таблица 3

Результаты эксперимента

| Материальные затраты, % | Амортизационные расходы, % | Фонд оплаты труда, % | Затраты на единицу продукции (грн) | Налоговая нагрузка |
|-------------------------|----------------------------|----------------------|------------------------------------|--------------------|
| 91,6 | 9,4 | 25,5 | 103,2 | 0,4574 |
| 91,6 | 9,4 | 25,5 | 56,3 | 0,3236 |
| 91,6 | 9,4 | 2,4 | 103,2 | 0,1666 |
| 91,6 | 9,4 | 2,4 | 56,3 | 0,3121 |
| 91,6 | 2 | 25,5 | 103,2 | 0,3668 |
| 91,6 | 2 | 25,5 | 56,3 | 0,3184 |
| 91,6 | 2 | 2,4 | 103,2 | 0,1768 |
| 91,6 | 2 | 2,4 | 56,3 | 0,3076 |
| 26,2 | 9,4 | 25,5 | 103,2 | 0,3526 |
| 26,2 | 9,4 | 25,5 | 56,3 | 0,3557 |
| 26,2 | 9,4 | 2,4 | 103,2 | 0,3355 |
| 26,2 | 9,4 | 2,4 | 56,3 | 0,3476 |
| 26,2 | 2 | 25,5 | 103,2 | 0,3427 |
| 26,2 | 2 | 25,5 | 56,3 | 0,3507 |
| 26,2 | 2 | 2,4 | 103,2 | 0,327 |
| 26,2 | 2 | 2,4 | 56,3 | 0,343 |

Оценка коэффициентов регрессионного уравнения производилась при помощи пакета Gretl на основе данных таблицы 3. Адекватность модели проверялась с помощью критерия Фишера, а значимость коэффициентов регрессии с помощью t критерия Стьюдента для уровня значимости 5%.

Результаты оценки модели представлены в таблице 4.

Таблица 4

Результаты оценки коэффициентов регрессии для эксперимента 2⁴

| Параметр | Коэффициент | Критерий Стьюдента |
|-----------|-------------|--------------------|
| константа | 0,3360 | 4,8594 |
| <i>m</i> | -0,0006 | -1,3041 |
| <i>d</i> | 0,0020 | 0,4732 |
| <i>pl</i> | 0,0030 | 2,2104 |

| | | |
|-------|---------|---------|
| c_p | -0,0004 | -0,5341 |
|-------|---------|---------|

Коэффициенты при всех переменных, кроме pl , не значимы. Методом пошаговой оптимизации пересчитаем данные для модели. Модель взаимосвязи имеет вид:

$$\bar{\xi}_{av} = 0,2824 + 0,003 \cdot pl. \quad (7)$$

В соответствии с результатами эксперимента по данным 2011 года для промышленности Украины характерно влияние доли фонда оплаты труда на показатель налоговой нагрузки. С ростом доли оплаты труда налоговая нагрузка растет по статистическим данным 2011 года в виду высокой ставки по ЕСВ, которая колеблется от 36,76 % до 49,7 %.

С целью изучения наличия взаимосвязи между налоговой нагрузкой отраслей промышленности и структурой затрат аналогичные расчеты были выполнены на основе статистики Украины за 2007-2010 годы [2-5]. Динамика налоговой нагрузки в течение пяти лет по отраслям промышленности представлена на рис. 1. Нумерация отраслей соответствует таблице 1.

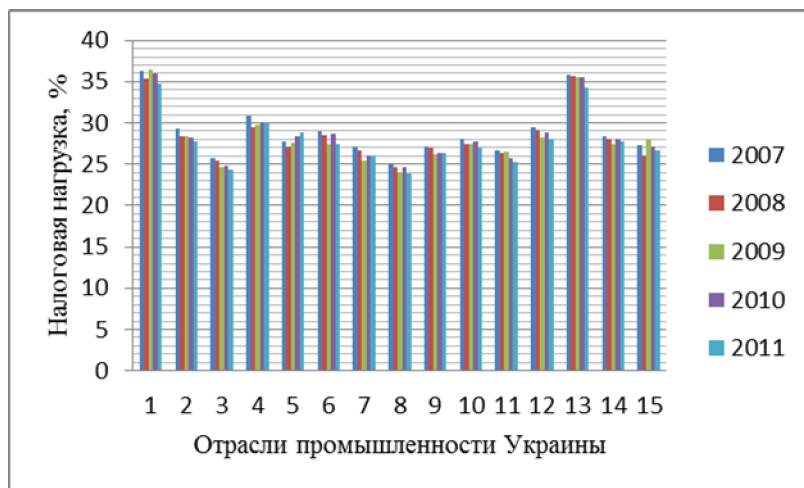


Рисунок 1 – Налоговая нагрузка с 2007 по 2011 год по отраслям промышленности Украины.

При проведении вычислительных экспериментов было учтено, что рентабельность промышленности Украины в 2007 году составила 5,8 %, в 2008 году – 4,8 %, в 2009 году – 1,8 %, в 2010 году – 3,6 % [2-5].

Результаты экспериментов представлены в таблице 6. Для сопоставимости данных в таблицу включены результаты эксперимента по статистическим данным 2011 года. В соответствии с данными таблицы 5 наблюдается устойчивая связь между долей фонда оплаты труда в операционных затратах и налоговой нагрузкой. С ростом доли фонда оплаты труда налоговая нагрузка в целом по промышленности возрастает. Но, несмотря на то, что все коэффициенты в моделях значимы при уровне значимости 5 %, и все модели адекватны, наблюдается невысокий уровень коэффициента детерминации по всем моделям.

Таблица 5

Результаты имитационных экспериментов по статистическим данным с 2007 года по 2011 год

| Год | Модель зависимости налоговой нагрузки от структуры затрат | Коэффициент детерминации, % |
|------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------|
| 2007 | $\bar{\xi}_{av} = 0,2914 + 0,0031 \cdot pl$ | 49 |
| 2008 | $\bar{\xi}_{av} = 0,2778 + 0,0041 \cdot pl$ | 50 |
| 2009 | $\bar{\xi}_{av} = 0,2612 + 0,0067 \cdot pl$ | 48 |
| 2010 | $\bar{\xi}_{av} = 0,2908 + 0,0029 \cdot pl$ | 50 |
| 2011 | $\bar{\xi}_{av} = 0,2824 + 0,003 \cdot pl$ | 52 |

Проведем ряд дополнительных аналогичных имитационных экспериментов, повысив уровень рентабельности в два раза от уровней средних показателей по промышленности Украины. Результаты анализа имитационных экспериментов представлены в таблице 6.

Таблица 6
Результаты повторных имитационных экспериментов по статистическим данным 2007 – 2011 годов

| Год | Модель зависимости налоговой нагрузки от структуры затрат |
|------|------------------------------------------------------------------|
| 2007 | $\bar{\xi}_{av} = 0,3694 - 0,0008d_m + 0.001d_{pl}$ |
| 2008 | $\bar{\xi}_{av} = 0,4094 - 0,0007d_m + 0.0013d_{pl} - 0,0006c_p$ |
| 2009 | $\bar{\xi}_{av} = 0,3464 - 0,0008d_m + 0.002d_{pl}$ |
| 2010 | $\bar{\xi}_{av} = 0,4016 - 0,0008d_m + 0.0015d_{pl} - 0,0006c_p$ |
| 2011 | $\bar{\xi}_{av} = 0,3866 - 0,0006d_m + 0.0014d_{pl} - 0,0005c_p$ |

По всем представленным моделям таблицы 6 коэффициент детерминации выше 60 %. Результаты указывают на наличие взаимосвязи между налоговой нагрузкой и долей материальных затрат, долей фонда оплаты труда и операционными затратами на единицу продукции промышленности. С ростом доли материальных затрат и затрат на единицу продукции налоговая нагрузка падает, при росте доли фонда оплаты труда налоговая нагрузка растет. В соответствии с таблицей 5 отличаются модели, оцененные по статистическим данным промышленности 2007 года и 2009 года.

Особенность взаимосвязи налоговой нагрузки и показателей структуры затрат 2009 года может быть объяснена низким уровнем рентабельности промышленности Украины по сравнению со значением этого показателя в целом за пять анализируемых лет. Как было отмечено, рентабельность по промышленности составила 1,8 % в 2009 году. Это самый низкий показатель за пять исследуемых лет. Не исключено, что это связано

со вступлением Украины в ВТО. 2009 год является первым полноценным годом работы Украины в рамках ВТО, так как Украина стала членом этой организации 18 мая 2008 года. Это событие вполне может быть причиной отличия модели 2007 года от модели зависимости налоговой нагрузки от структуры операционных затрат 2008 года. Не следует забывать и о том, что причиной может служить и влияние экономических кризисов, которое Украина ощущает с некоторым временным лагом.

Проведенные эксперименты указывают на тот факт, что налоговая нагрузка зависит от показателей структуры операционных затрат. Рассчитаем коэффициент соотношения долей – как отношение доли материальных затрат к суммарной доле затрат на оплату труда (включая социальные выплаты или сегодня ЕСВ). Результаты расчета следующие: 2007 год – 5,21, 2008 год – 5,31, 2009 – 4,78, 2010 год – 5,43, 2011 год – 5,66. Среднее значение соотношения долей за пять лет 2,28. В 2008, 2010 и 2011 годах значение коэффициента соотношения долей выше среднего за период анализа. В 2007 и 2009 годах коэффициент соотношения долей ниже среднего показателя за пять лет. Как раз в эти годы наблюдается иной характер зависимости налоговой нагрузки от структуры операционных затрат. Следовательно, на характер связи также оказывает влияние соотношение составляющих структуры затрат между собой.

За пять лет наиболее устойчивая связь наблюдается между налоговой нагрузкой и долей фонда оплаты труда в операционных затратах, причем характер связи прямой. Эта связь присутствует как при убыточности бизнеса, так и при его рентабельности. Как уже отмечалось, это связано с высоким уровнем единого социального взноса (ЕСВ). Поэтому, для обеспечения экономической активности бизнеса необходимо пересмотреть ставки по ЕСВ, так как, несмотря на высокий уровень ставок по социальному взносу государство не обеспечивает должной социальной защиты населения.

При росте рентабельности производства значимыми являются и доля материальных затрат, и операционные затраты на единицу продукции, то есть в зависимости от эффективности бизнеса наблюдается разный характер связи между налоговой нагрузкой и структурой операционных затрат.

Список использованной литературы:

1. Гребешкова И. А. Исследование влияния структуры затрат на налоговую нагрузку предприятия / И. А. Гребешкова // Наукові праці МАУП. - 2003. - № 9. – С. 140-143.
2. Статистичний щорічник України за 2007 рік / Держ. Ком. статистики України; за редакцією О.Г. Осауленка. - Київ: “Техніка”, 2007. – С. 109-143.
3. Статистичний щорічник України за 2008 рік / Держ. Ком. статистики України; за редакцією О.Г. Осауленка. - Київ: “Техніка”, 2008. – С. 111-142.
4. Статистичний щорічник України за 2009 рік / Держ. Ком. статистики України; за редакцією О.Г. Осауленка. - Київ: “Техніка”, 2009. – С. 107-137.
5. Статистичний щорічник України за 2010 рік / Держ. Ком. статистики України; за редакцією О.Г. Осауленка. - Київ: ТОВ «Август Трейд», 2010. – С. 105-135.
6. Статистичний щорічник України за 2011 рік / Держ. Ком. статистики України; за редакцією О.Г. Осауленка. - Київ: ТОВ «Август Трейд», 2011. – С. 105-135.

МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ОЦЕНИВАНИЯ НАУЧНЫХ ПРОЕКТОВ ПРЕДПРИЯТИЙ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Т.Н. Тиховская

г. Запорожье, Запорожский национальный технический университет

Мировой опыт предоставляет подтверждение применения экономико-математических методов на базе современных информационных технологий для решения проблем управления сложными экономическими объектами. Вопрос совершенствования управления сложными организационно-техническими системами, обусловленными развитием научно-технического прогресса и действием инновационных превращений нашли отображение в работах отечественных и зарубежных ученых. Теоретические исследования изложены в работах: Берсуцкого Я.Г., Иванова Н.Н., Лепы Н.Н., Лепы Р.Н., Лысенко Ю.Г., Порохни В.М., Сергеевой Л.Н., Стасюка В.П., Устенко С.В. Моделированию процесса оценки проектов посвящали свои работы отечественные и зарубежные

ученые, а именно: Бень Т. Г., Галицын В.К., Мазур И.И., Новиков Д.А., Недосекин А.О., Петровский А.Б., Эванс Д.А. и Саудер У.Е. Однако вопросы, связанные с оценкой научных проектов предприятий силовой электроники (СЭ), особенно на стадиях исследовательского проектирования, являются малоизученными.

Процесс оценивания научного проекта необходимо рассматривать как системный процесс, охватывающий в единстве разнообразные задачи, связанные с проектированием, созданием и завершением научного проекта на высоком качественном уровне в течение установленного срока исполнения и с эффективной реализацией.

Предлагается алгоритм оценивания проекта, состоящий из следующих этапов:

I Этап. Прединвестиционные исследования.

II Этап. Прогноз прибыльности проекта.

III Этап. Анализ рисков и неопределенности.

IV Этап. Формирование портфеля проектов.

V Этап. Запуск проекта.

VI Этап. Мониторинг проекта.

VII Этап. Завершение проекта.

Прединвестиционные исследования предполагают изучение влияния факторов внешней среды на возможность успешно реализовать проект. Для учета факторов внешней среды предлагается использовать теорию нечетких множеств на базе экспертных оценок. Предлагается модель процесса комплексного оценивания экономической эффективности научных проектов, основанная на построении иерархической структуры (дерева) критериев при нечеткой исходной информации с применением матриц свертки (рис.1)

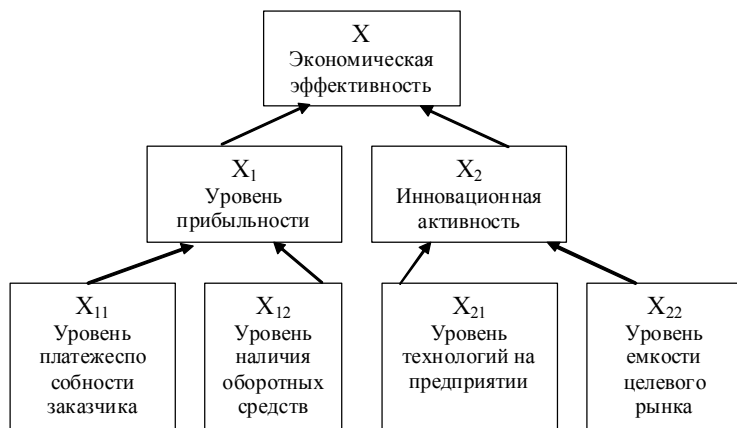


Рис.1. Дерево критериев оценивания научных проектов

Экономическую эффективность Проекта (критерий X) предприятия СЭ определяется уровнем прибыльности (критерий X1) и уровнем инновационной активности (критерий X2). Уровень прибыльности в свою очередь определяется уровнем платежеспособности заказчика (критерий X11) и уровнем наличия оборотных средств (критерий X12). Уровень инновационной активности определяется уровнем технологий на предприятии (критерий X21) и уровнем емкости целевого рынка (критерий X22). При свертке значений критериев X11, X12 использовалась «матрица максимального поощрения»; при свертке X21, X22, а затем X1, X2, – «матрица максимального наказания». Оценки по каждому критерию могут принимать конечное число значений (в приводимом примере использовалась четырехбальная шкала). Лингвистическая трактовка уровня влияния критериев, соответственно, «Слабый», «Допустимый», «Значительный», «Высокий». Для каждого лингвистического термина выбираем треугольную форму принадлежности как наиболее чуткую к минимальным отклонениям от четкого значения. Для оценивания были выбраны проекты ОАО «Украинский научно-исследовательский институт силовой электроники «Преобразователь». После использования матриц свертки получены нечеткие оценки по агрегированным показателям с соответствующей функцией принадлежности к лингви-

стическим оценкам для Проекта [1]. Результат показан в табл.1:

Таблица 1

Агрегирование нечетких оценок для Проекта

| Критерии / Функции принадлежности | Нечеткие значения лингвистических переменных | | | |
|-----------------------------------|----------------------------------------------|--------------|----------------|------------|
| | «Слабый» | «Допустимый» | «Значительный» | «Высокий» |
| $X / \mu(\chi)$ | 2,5/0,25 | 2,5/0,75 | 2,5/0,75 | 2,5/0,25 |
| $X1 / \mu(\chi1)$ | 3,75/0 | 3,75/125 | 3,75/0,625 | 3,75/0,875 |
| $X2 / \mu(\chi2)$ | 2,5/0,25 | 2,5/0,75 | 2,5/0,75 | 2,5/0,25 |
| $X11 / \mu(\chi11)$ | 3,75/0 | 3,75/125 | 3,75/0,625 | 3,75/0,875 |
| $X12 / \mu(\chi12)$ | 2,75/0,125 | 2,75/0,625 | 2,75/0,875 | 2,75/0,375 |
| $X21 / \mu(\chi21)$ | 3,5/0 | 3,5/0,25 | 3,5/0,75 | 3,5/0,75 |
| $X22 / \mu(\chi22)$ | 2,5/0,25 | 2,5/0,75 | 2,5/0,75 | 2,5/0,25 |

Графически значения агрегируемых и комплексных показателей для Проекта представлены на рис. 2.

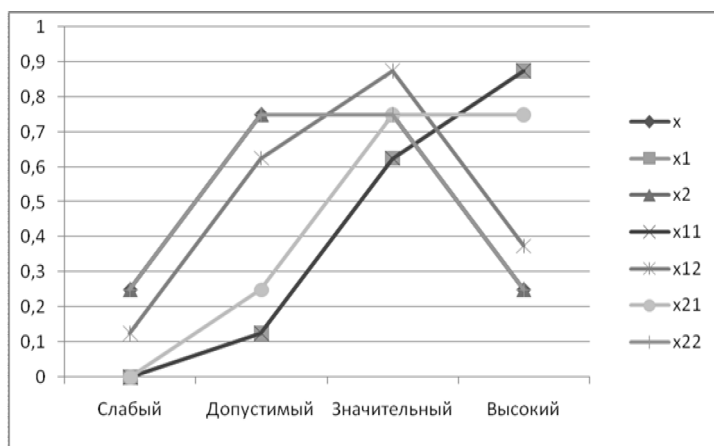


Рис. 2. Нечеткие оценки по критериям Проекта

Прогноз прибыльности проекта. Для расчета прогнозной прибыли предлагается метод удельной прибыли на инно-

вационные затраты, который базируется на подходе Саати «Стоимость – эффективность». Сформируем таблицу наблюдений, характеризующую зависимость полученной прибыли (Z , тыс. грн.) от объема инновационных затрат (Y , тыс. грн.) и рассчитаем удельную прибыль (X , грн/грн) (табл.2.)

Таблица 2

Таблица наблюдений инновационных затрат и прибыли научных проектов

| № п/п | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|
| Z | 72 | 35,2 | 68 | 51,8 | 60 | 37,4 | 925 | 20,1 | 1,4 | 62,0 |
| Y | 62,1 | 48,3 | 138 | 134,6 | 31,7 | 30,4 | 680 | 97,6 | 14,0 | 116 |
| X | 1,16 | 0,73 | 0,49 | 0,38 | 1,89 | 1,23 | 1,36 | 0,21 | 0,10 | 0,53 |

Расчеты с применением теории вероятности и математической статистики дают следующее значение удельной прибыли на инновационные затраты [2]: $\tilde{X} = 0,686$ грн/грн. Далее можно приступить к прогнозированию ожидаемой прибыли по новым проектам на данном конкретном предприятии. Это удобный и концептуально полезный поход к прогнозированию ожидаемой прибыли по теме на данном конкретном предприятии, который учитывает как пряме, так и косвенные факторы, влияющие на получение прибыли.

Анализ рисков и неопределенности. Для определения величины премии за риск на этапе прединвестиционных исследований воспользуемся зарубежными рекомендациями, приведенными в [3]. По характеру инвестиций научные проекты предприятий СЭ можно отнести к категории 1 (прикладные научно-исследовательские работы, направленные на определенные специфические цели) и, следовательно, премия за риск составляет 10 %.

Формирование портфеля проектов предполагает оценку инвестиционной привлекательности с использованием инструментария стоимости денег во времени и анализ научно-технического потенциала предприятия для выполнения договорных обязательств. При оценке научно-технического потенциала необходимо так распределить выполнение портфеля заказов, чтобы суммарные затраты были минимальные, план вы-

полнен, а израсходованное время не превышало имеющихся ресурсов. Ограниченность предприятий СЭ в оборотных средствах требует от лица, принимающего решения (ЛПР) поиска решений относительно оптимального размещения финансовых ресурсов при выполнении нескольких проектов. Для сохранения функционирования предприятия СЭ на целевом рынке ЛПР необходимо оценить, какие этапы проектирования целесообразно либо сократить, либо отнести затраты на их выполнение на накладные расходы [4].

Запуск проекта. После проведения предыдущих этапов оценки проектов и получения положительных результатов можно запустить проект в производство.

Мониторинг проекта. Одной из важных функций стадии процесса оценки научного проекта является контроль над ходом его реализации. Суть такого контроля заключается в гарантии того, что, во-первых, поставленные задачи и цели проекта будут достигнуты, во-вторых, продолжение выполнения проекта не приведет к убыткам предприятия, осуществляющего данный научный проект.

Однако, классические методики оказываются малоэффективными для процесса оценки научных проектов предприятий СЭ. Это связано с тем, что невозможно достаточно полно описать реальность с помощью небольшого числа параметров модели, либо расчет модели требует слишком много времени и вычислительных ресурсов, что для предприятий СЭ, имеющих плоскую структуру управления, не приемлемо.

Для определения критического момента в ходе выполнения научных проектов предлагается использовать перцептрон с одним скрытым слоем (Рис. 3).

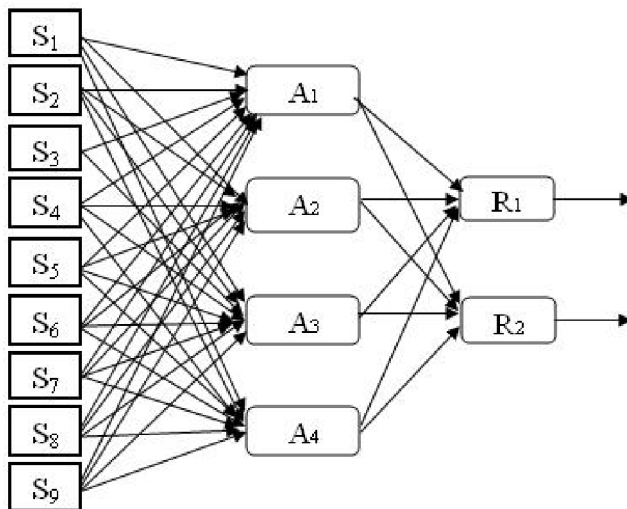


Рис. 3. Структура персептрона для мониторинга выполнения научных проектов

На входы нейронной сети подается набор эндогенных и экзогенных параметров S_i , на основе которого можно прогнозировать состояние выполнения проекта. S – элементы случайным образом связанные с совокупностью ассоциативных элементов (A -элементов), выход которых отличается от нуля только тогда, когда возбуждено достаточно большое число. Выходами R_i является прогноз сети относительно целесообразности выполнения проекта. Взвешенные комбинации выходов R элементов складывают реакцию системы, которая указывает на принадлежность распознаваемого объекта определенному образу, : R_1 – продолжать проект (ДА/НЕТ); R_2 – откорректировать составляющие проекта (ДА/НЕТ).

Используем в качестве указания ход выполнения проекта, который не был остановлен, но потребовал пересмотра составляющих проекта (результатирующие R_1 и R_2 на выходе получили сигнал «ДА».)

Используем для нейронной сети девять признаков, то есть девять входов (Табл.3).

Таблица 3

| Наименование входов персептрона | |
|---------------------------------|-------------------------|
| Условное обозначение | Наименование показателя |

| | |
|----|--------------------------------------------|
| S1 | Курс \$, грн. |
| S2 | ВВП, млрд. грн |
| S3 | Темп инфляции |
| S4 | Мировой объем продаж п/п приборов, млрд.\$ |
| S5 | Процентная ставка НБУ |
| S6 | Собственные оборотные, тыс. грн |
| S7 | Затраты инновационные, тыс. грн |
| S8 | Затраты на материалы, тыс. грн |
| S9 | Производство электроэнергии, млрд кВт/час |

В настоящем исследовании для оценки правильности модели была собрана статистика по месяцам за 2008 год, в который был реализован проект, выбранный для обучения сети. Целью сети было увидеть, насколько хорошо модель прогнозирует необходимость продолжить или остановить проект.

Завершение проекта. Завершение проекта может быть плановым и вынужденным. Если в процессе реализации проекта оказывается, что прогнозируемое время его завершения отличается от планового, то возникает необходимость в оперативном управлении – дополнительных мерах по сокращению продолжительностью выполнения незавершенной части проекта [5].

Не получив вовремя информацию об отклонениях от плана, ЛПР может не успеть вовремя принять решение о необходимости остановить проект и в результате этого понести потери. Предлагается ввести систему мониторинга, базирующуюся на сети Кохонена. Сеть Кохонена состоит всего из двух слоев – входного и выходного. Число входных нейронов равно размерности вектора признаков (т.е. числу признаков объекта). Количество выходных нейронов сети Кохонена равно числу кластеров, которое должно быть построено моделью, и каждый

нейрон ассоциирован с определенным кластером. Сеть Кохонена состоит всего из двух слоев – входного и выходного. В результате обработки данных сетью Кохонена можно произвести кластеризацию всего по двум признакам: «Продолжить проект», «Остановить проект».

Плановое завершение проекта предполагает сдачу готового изделия заказчику с обязательным оформлением соответствующих документов.

Процесс управления научными проектами в силовой электронике необходимо рассматривать как системный процесс, охватывающий как задачи, связанные с проектированием, так и с завершением проекта в установленные сроки.

Согласно приведенному алгоритму предлагается концепция оценки научных проектов предприятий СЭ (рис. 4).

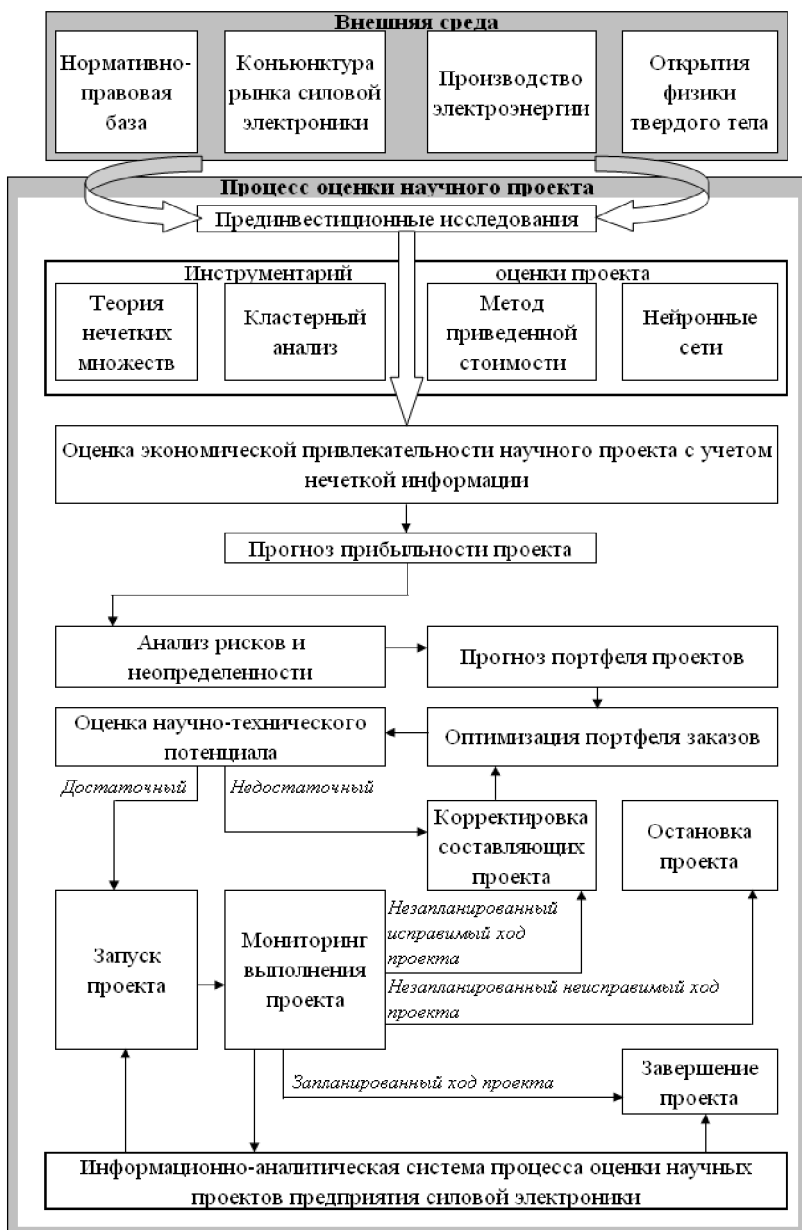


Рис. 4. Концепция процесса оценивания научных проектов предприятий силовой электроники

Для автоматизированной системы управления проектами

целесообразно, чтобы сбор, хранение, переработка информации, необходимой для реализации проекта, осуществляется с применением средств автоматизации и компьютеризации в едином информационном пространстве.

Следует отметить, что информационно-аналитическая система (ИАС) оценки научных проектов не ограничивается только накоплением и представлением информации. Специализированные алгоритмы, реализованные отдельными подсистемами (модулями) программного обеспечения, позволяют решать задачи моделирования в реальном масштабе времени

ИАС предприятия и оценки научных проектов связаны между собой отношениями, что позволяет использовать одновременно информацию о свойствах различных информационных пространств как при получении информации, так и при её обработки.

Процессом, который создает условия для создания информационно-аналитической системы оценки научных проектов при формировании и расширении масштабов производства, является синтез моделей и методов оценки научных проектов.

Предлагается метод принятия управленческого решения на основании оценки научных проектов, который представляет собой последовательность этапов, операций и процедур, между которыми существуют прямые и обратные связи.

Количество этапов, операций и процедур определяется сложностью, типом решаемой проблемы.

Эта особенность использована в разработанной структуре системы поддержки принятых решений научных проектов с учетом нечеткой информации.

По признаку количества целей ИАС научных проектов относится к комплексным системам. Комплексные решения направлены на достижение экономических, производственных, социальных и других целей.

На рис. 5 приведена структура метода принятия решения на основе оценки проектов, состоящего из 8 этапов.

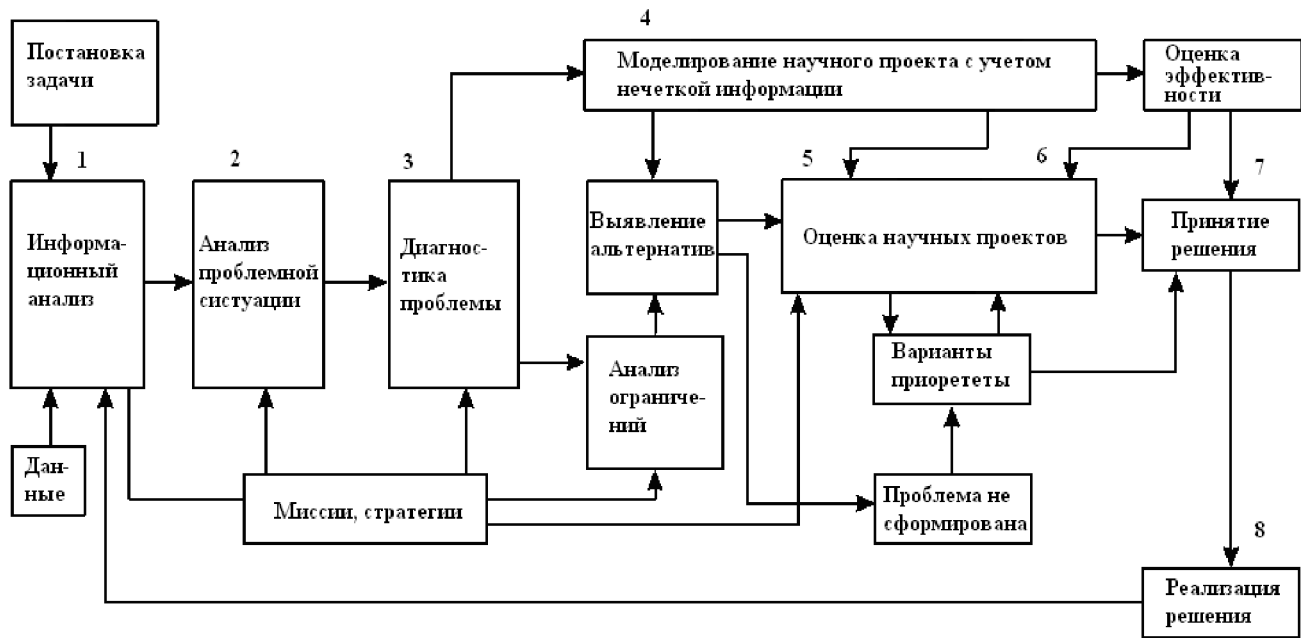


Рис. 5 Структура метода принятия управленческого решения на основе оценки научных проектов

В ИАС научных проектов предусмотрено использование системы поддержки принятия решений, которая используется на всех этапах жизненного цикла научного проекта.

Как правило, различные цели конкурируют друг с другом. Это объясняется тем, что ресурсы, находящиеся в распоряжении предприятия ограничены. Поэтому ресурсы, направленные на достижение цели научного проекта, увеличения выпуска определенной продукции, не могут одновременно быть выделены на развитие других направлений деятельности предприятия.

Таким образом, предлагается решение актуальной задачи оценивания научных проектов предприятий силовой электроники в части экономико-математического моделирования оценки научных проектов в течение всего жизненного цикла проекта.

Список использованной литературы:

1. Тіховська Т.М. Моделі оцінювання наукового проекту з урахуванням нечіткої інформації / Т.М. Тіховська // Держава та регіони. Серія: Економіка та підприємництво – 2010. – № 5 – С.232-236.
2. Корольков В.В. Оцінка проектів: на шляху інноваційного розвитку наукомістких підприємств / В.В. Корольков, Т.М. Тіховська // Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України. – Львів, 2010 – Вип. 20.10 – С. 177 –182.
3. Мазур И.И. Управление проектами: учебное пособие / [И.И. Мазур, В.Д. Шапиро, Н.Г. Ольдерогге]; под общ. ред. И.И. Мазура. – 2-е изд. – М.: Омега-Л, 2004. – 664 с.
4. Тиховская Т.Н. Оценка научных проектов предприятий силовой электроники в условиях рыночной экономики / Т.Н. Тиховская // Актуальні проблеми економічної кібернетики: Колективна наукова монографія / за ред. О.Ю. Чубукової, Л.І. Антошкіної, Н.В. Геселевої. – К. : ВД «Стилос», 2012. – С. 299 – 317.
5. Тиховская Т.Н. Использование нейронных сетей для оценки рисков инновационных проектов предприятий силовой электроники / Т.Н. Тиховская // Комп'ютерне моделювання та інформаційні технології в науці, економіці і освіті: зб. наук. пр. VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції; Черкаси-

Одеса, 25-27 травня 2011 р. [редкол. Соловйов В.М. (відп. за випуск) та ін.] – Черкаси: Брама, видавець Вовчок О.Ю., 2011. – С. 184 – 186.

6. Іванов М.М. Маркетингово – орієнтований підхід в побудові інформаційно – аналітичних систем / М.М. Іванов // Інформаційні технології та моделювання в економіці: [зб. наук.пр. Першої Міжнародної науково–практичної конференції; Черкаси, 19–21 травня 2009 р. / Редкол.: Соловйов В.М. (відп. за випуск) та ін.] – Черкаси: Брама–Україна, 2009. – . 95 – 97.

7. Тіховська Т.М. Метод ухвалення управлінського рішення на основі оцінки наукових проєктів / Т.М. Тіховська // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну: зб. наук. праць – К., 2010. – №. 5 (55) – С.148-153.

СТИМУЛЮВАННЯ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ – ШЛЯХ ДО ПІДВИЩЕННЯ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ РЕГІОНІВ

К.Р. Курбанов, О.І. Пушкар
м. Кременчук, Кременчуцький льотний коледж
Національного авіаційного університету

Одним з пріоритетних напрямів розвитку економіки України та регіонів, що визначає перспективи розвитку наукового та інноваційного потенціалу країни в цілому, є перехід до інноваційної моделі розвитку, яка включає важелі та механізми прискорення науково-технічного прогресу, визначення його пріоритетних напрямів, підвищення інвестиційної активності господарюючих суб'єктів.

Інновації, особливо у промисловості, — суттєвий елемент підвищення ефективності економіки. Промислова інновація починається з ідеї і проходить фази дослідження, розробки та створення нових зразків продукції, технологій чи послуг та їх комерціалізацію. Завдяки інноваціям стають життєздатними малі і середні підприємства. Часто вони притягають до себе «розсіяні» підприємницькі таланти і залучають висококваліфіковану робочу силу, яка забезпечує випуск продукції поліпше-

ної якості, творчий характер і ефективність роботи таких підприємств.

На даному етапі розвитку пріоритетними напрямками інноваційної діяльності для України є: ресурсозберігаючі технології; машинобудування, як основа високотехнологічного оновлення усіх галузей виробництва; високотехнологічний розвиток сільського господарства; охорона навколишнього середовища; розвиток інноваційної культури суспільства.

За останні роки склалися такі основні напрями інноваційної діяльності в країні:

- дослідження і розробки;
- придбання нових технологій, прав на патенти, зокрема права власності на винаходи, корисні моделі, промислові зразки, ліцензії на використання зазначених об'єктів;
- виробниче проектування, інші види підготовки виробництва для випуску нових продуктів, упровадження нових методів їх виробництва;
- придбання машин, обладнання, установок, інших основних фондів.

Важливим показником інноваційної активності є кількість промислових підприємств, що впроваджують інновацією. Але статистичні дані свідчать про те, що ситуація щодо інноваційної активності є незадовільною: питома вага підприємств, що займалися інноваціями в Україні знизилась з 18,0% у 2000 році до 13,8% у 2010 році (таблиця 1), однак прийняття нового Податкового Кодексу сприяло підвищенню їхньої частки до 17,4%.

Обсяг виконаних наукових та науково-технічних робіт за зазначений період невпинно зростає (з 1978,4 млн.грн. у 2000 році до 11252,7 млн.грн. у 2012р, тобто у 5,7 рази), але питома вага зазначених робіт у ВВП знизилась з 1,16% до 0,8 (на 30%). Питома вага реалізованої інноваційної продукції в обсязі промислової також знизилась з 6,8% у 2000 році до 3,3% у 2012 році (таблиця 2).

Інноваційна активність підприємств в Україні

| | Питома вага підприємств, що займалися інноваціями | Загальна сума витрат | У тому числі за напрямками | | | | | | |
|------|---------------------------------------------------|----------------------|-------------------------------------|---------------|--------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------|
| | | | дослідження і розробки ¹ | у тому числі | | придбання інших зовнішніх знань ² | підготовка виробництва для впровадження інновацій ³ | придбання машин обладнання та програмного забезпечення ⁴ | інші витрати |
| | | | | внутрішні НДР | зовнішні НДР | | | | |
| | % | млн.грн. | | | | | | | |
| 2000 | 18,0 | 1760,1 | 266,2 | X | X | 72,8 | 163,9 | 1074,5 | 182,7 |
| 2001 | 16,5 | 1979,4 | 171,4 | X | X | 125,0 | 183,8 | 1249,4 | 249,8 |
| 2002 | 18,0 | 3018,3 | 270,1 | X | X | 149,7 | 325,2 | 1865,6 | 407,7 |
| 2003 | 15,1 | 3059,8 | 312,9 | X | X | 95,9 | 527,3 | 1873,7 | 250,0 |
| 2004 | 13,7 | 4534,6 | 445,3 | X | X | 143,5 | 808,5 | 2717,5 | 419,8 |
| 2005 | 11,9 | 5751,6 | 612,3 | X | X | 243,4 | 991,7 | 3149,6 | 754,6 |
| 2006 | 11,2 | 6160,0 | 992,9 | X | X | 159,5 | 954,7 | 3489,2 | 563,7 |
| 2007 | 14,2 | 10850,9 | 986,5 | 793,6 | 192,9 | 328,4 | X | 7471,1 | 2064,9 |
| 2008 | 13,0 | 11994,2 | 1243,6 | 958,8 | 284,8 | 421,8 | X | 7664,8 | 2664,0 |
| 2009 | 12,8 | 7949,9 | 846,7 | 633,3 | 213,4 | 115,9 | X | 4974,7 | 2012,6 |
| 2010 | 13,8 | 8045,5 | 996,4 | 818,5 | 177,9 | 141,6 | X | 5051,7 | 1855,8 |
| 2011 | 16,2 | 14333,9 | 1079,9 | 833,3 | 246,6 | 324,7 | X | 10489,1 | 2440,2 |
| 2012 | 17,4 | 11480,6 | 1196,3 | 965,2 | 231,1 | 47,0 | X | 8051,8 | 2185,5 |

Джерело: Державна служба статистики України / <http://www.ukrstat.gov.ua/>

Якщо проводити аналіз інноваційної активності по регіонам, то ситуація є ще більш незадовільною, а саме в Полтавській області питома вага підприємств, що займалися інноваціями знизилась з 22,9% у 2000 році до 8,2% у 2011 році (таблиця 3)

Однак, питома вага реалізованої інноваційної продукції в обсязі промислової в Полтавській області збільшилася з 11,8% у 2000 році до 24,3% у 2011 році (таблиця 4).

Таблиця 2

Впровадження інновацій на промислових підприємствах України

| | Питома вага підприємств, що впроваджували інновації. % | Впроваджено нових технологічних процесів, процесів | у т.ч. маловідходні, ресурсозберігаючі | Освоєно виробництво інноваційних видів продукції, * найменувань | з них нові види техніки | Питома вага реалізованої інноваційної продукції в обсязі промислової, % |
|------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 2000 | 14,8 | 1403 | 430 | 15323 | 631 | |
| 2001 | 14,3 | 1421 | 469 | 19484 | 610 | 6,8 |
| 2002 | 14,6 | 1142 | 430 | 22847 | 520 | 7,0 |
| 2003 | 11,5 | 1482 | 606 | 7416 | 710 | 5,6 |
| 2004 | 10,0 | 1727 | 645 | 3978 | 769 | 5,8 |
| 2005 | 8,2 | 1808 | 690 | 3152 | 657 | 6,5 |
| 2006 | 10,0 | 1145 | 424 | 2408 | 786 | 6,7 |
| 2007 | 11,5 | 1419 | 634 | 2526 | 881 | 6,7 |
| 2008 | 10,8 | 1647 | 680 | 2446 | 758 | 5,9 |
| 2009 | 10,7 | 1893 | 753 | 2685 | 641 | 4,8 |
| 2010 | 11,5 | 2043 | 479 | 2408 | 663 | 3,8 |
| 2011 | 12,8 | 2510 | 517 | 3238 | 897 | 3,8 |
| 2012 | 13,6 | 2188 | 554 | 3403 | 942 | 3,3 |

Джерело: Державна служба статистики України / <http://www.ukrstat.gov.ua/>

Таблиця 3

Інноваційна активність промислових підприємств Полтавської області

| | Питома вага підприємств, що зайняли загальну суму витрат | У тому числі за напрямками | | | | | | | |
|------|----------------------------------------------------------|----------------------------|---------------|--------------|----------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------|---------|
| | | дослідження і розробки | у тому числі | | придбання нових технологій | підготовка виробництва для впровадження інновацій | придбання машин та обладнання пов'язані з упрощенням витрати | інші витрати | |
| | | | внутрішні НДР | зовнішні НДР | | | | | |
| | % | тис.грн. | | | | | | | |
| 2000 | 22,9 | 39084,4 | 5563,6 | x | x | – | 6180,3 | 23046,0 | 4294,5 |
| 2001 | 22,0 | 91571,2 | 12222,3 | x | x | 48,0 | 4138,7 | 50253,9 | 24908,3 |
| 2002 | 24,4 | 124138,5 | 14882,1 | x | x | 18,9 | 4478,3 | 86586,4 | 18172,8 |
| 2003 | 11,6 | 73128,3 | 7419,0 | x | x | 3069,9 | 8779,0 | 48046,1 | 5814,3 |
| 2004 | 11,0 | 80554,3 | 7808,5 | x | x | 22046,5 | 17458,0 | 30245,1 | 2996,2 |
| 2005 | 10,2 | 138499,0 | 17380,3 | x | x | 49306,9 | 27695,6 | 35995,4 | 8120,8 |
| 2006 | 7,4 | 122945,5 | 19862,9 | x | x | – | 26800,6 | 65295,4 | 10986,6 |
| 2007 | 15,3 | 99654,2 | 12819,0 | 5876,8 | 6942,2 | 583,6 | x | 63215,2 | 23036,4 |
| 2008 | 11,2 | 180404,6 | 24089,4 | 14570,7 | 9518,7 | 1075,6 | x | 139617,7 | 15621,9 |
| 2009 | 12,5 | 133105,4 | 28938,8 | 17684,8 | 11254,0 | 19088,9 | x | 77541,3 | 7536,4 |
| 2010 | 11,8 | 124446,2 | 48105,5 | 45009,8 | 3095,7 | 784,4 | x | 73124,3 | 2432,0 |
| 2011 | 8,2 | 186530,5 | 99687,6 | 83304,7 | 16382,9 | ...5 | | | |

Джерело: Головне управління статистики у Полтавській області / <http://www.poltavastat.gov.ua/>

Таблиця 4

Впровадження інновацій на промислових підприємствах Полтавської області

| | Питома вага підприємств, що впроваджували інновації, % | Впроваджено нових технологічних процесів, процесів | у т.ч. маловідходні, ресурсозберігаючі | Освоєно інноваційні види продукції, найменувань | з них нові види техніки | Питома вага реалізованої інноваційної продукції в обсязі промислової, % |
|------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 2000 | 18,5 | 62 | 22 | 800 | 61 | 11,8 |
| 2001 | 21,6 | 70 | 23 | 913 | 59 | 2,5 |
| 2002 | 21,2 | 62 | 19 | 938 | 39 | 6,4 |
| 2003 | 6,3 | 30 | 10 | 88 | 18 | 1,4 |
| 2004 | 8,7 | 28 | 12 | 108 | 17 | 1,3 |
| 2005 | 9,3 | 65 | 32 | 110 | 22 | 1,6 |
| 2006 | 6,9 | 29 | 9 | 160 | 100 | 1,4 |
| 2007 | 10,1 | 35 | 18 | 142 | 142 | 3,1 |
| 2008 | 8,3 | 26 | 12 | 90 | 33 | 0,6 |
| 2009 | 10,8 | 28 | 13 | 114 | 32 | 8,2 |
| 2010 | 9,9 | 24 | 12 | 72 | 30 | 10,4 |
| 2011 | 7,4 | 16 | 13 | 72 | 34 | 24,3 |

Джерело: Головне управління статистики у Полтавській області / <http://www.poltavastat.gov.ua/>

Тому об'єктивною тенденцією формування системи цілей і реалізації державної політики є її регіоналізація, яка, згідно з Постановою кабінету Міністрів України «Про затвердження Державної стратегії регіонального розвитку на період до 2015 року», направлена на створення умов для підвищення конкурентоспроможності регіонів на основі їх динамічного розвитку і усунення міжрегіональних диспропорцій. Основним пріоритетним завданням регіональної інноваційної політики повинен стати розвиток науково-технологічного та інноваційного потенціалу.

Головною метою сучасної інноваційної політики країни та регіонів є формування такої моделі іноваційного розвитку, яка включає важелі та механізми прискорення науково-технічного прогресу, визначення його пріоритетних напрямів, підвищення

інвестиційної активності господарюючих суб'єктів.

Пріоритети регіональної інноваційної політики визначаються соціально-економічними потребами і багатопрофільним науково-інноваційним потенціалом регіону. Суть регіональної інноваційної політики полягає в сприянні підприємствам у вирішенні локальних інноваційних проблем, підтримуванні створення та розвитку інноваційної інфраструктури, ефективної взаємодії науки, виробництва та фінансово-кредитної сфери.

Інноваційна діяльність здатна надати поштовх економічному зростанню, збільшенню прибутків підприємств, наповненню регіонального та державного бюджетів, що дозволить вирішувати економічні та соціальні проблеми регіонів. Рациональне поєднання поділу праці та інноваційної діяльності сприятиме виникненню синергетичного ефекту, що забезпечить більш високий темп розвитку певного регіону. Необхідною умовою такого розвитку є комплексний підхід, який враховує рівень розвитку ринкових відносин та ресурсний потенціал, потреби підприємств в обсягах залучених фінансових ресурсів.

Політика стійкого розвитку регіонів залежить як від регіональної політики, яку визначають та проводять місцеві органи влади та самоврядування, так і від державної регіональної політики. Фінансова політика розвитку регіонів у першу чергу залежить від структури видатків місцевих бюджетів, що визначає обсяги їх майбутніх доходів. Нестабільність фінансового розвитку та рівня податкового потенціалу окремих регіонів викликає необхідність надання їм дотацій вирівнювання, внаслідок чого їхня частка у структурі доходів державного бюджету за останні роки зросла з 9,37% до 16,32% [3]. Однак такі дотації не стимулюють розвиток регіонів, а навпаки, дещо розхолоджують. Тому інструментом стимулювання потенціалу регіонів повинна стати оптимізація напрямів використання видатків місцевих бюджетів, що не потребуватиме додаткових фінансових ресурсів.

Як показує практика, кожен регіон формує власну фінансову політику. Регіони - лідери спрямовують фінансову підтримку промисловості, транспорту, звязку, а регіони - аутсайде-ри більшість ресурсів використовують для фінансування сільського господарства, готелів, ресторанів, державне управління.

освіту, які не вважаються перспективними. Регіони – лідери формують ефективну бюджетну політику спрямовуючи фінансові ресурси в такі галузі, які сприятимуть найшвидшому зростанню податкового потенціалу регіону та формуванню його фінансового потенціалу[3]. Разом з тим для оптимального перерозподілу видатків місцевих бюджетів та стимулювання інноваційного розвитку державою передбачені податкові пільги щодо інноваційної діяльності підприємств, які здійснюють впровадження енергоефективних та енергозберігаючих технологій та виробництв, поновлюваної енергетики, а також енергетичної й транспортної інфраструктури[4]. Але, разом з тим, «можна говорити про відсутність дієвої податкової підтримки розвитку інноваційної та інвестиційної діяльності підприємств» [1].

Податкове стимулювання має важливе значення для розвитку інноваційної діяльності. У світовій практиці державного стимулювання інноваційної діяльності використовують пільгове оподаткування і пряме державне фінансування витрат на наукові й науково - технічні роботи (ННТР). Наприклад, уряд США неодноразово виділяв кошти корпораціям «Інтел», «Бо-їнг», «Тексас Інструментс» у формі як держзамовлення, так і компенсації підвищених витрат на ННТР [2].

Узагальнення світового досвіду податкового стимулювання інноваційної діяльності дає змогу виділити такі види пільг: списання витрат на проведення ННТР, що зменшує базу для розрахунку податку; інвестиційний податковий кредит; зниження податкових ставок для суб'єктів інноваційної діяльності; встановлення неоподаткованого мінімуму об'єкта оподаткування; звільнення від сплати окремих податків для венчурних фірм; вирахування з визначеної суми податку тощо. Дані Організації економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР) свідчать, що дедалі більше країн застосовують податкове стимулювання інноваційної діяльності.

Інструментами цільового перерозподілу частини суспільного продукту, яку має одержати держава, на користь підприємств для розширеного відтворення їхнього основного капіталу на сучасному технологічному рівні виступають податкові пільги і цілеспрямована амортизаційна політика, проваджувані державою. Таким чином ці інструменти є основними засобами

опосередкованої державної підтримки інноваційно-інвестиційного розвитку вітчизняних суб'єктів господарювання. Держава також може здійснювати пряму підтримку капіталовкладень у високотехнологічних секторах виробництва через надання підприємствам коштів на реалізацію інноваційних, технологічно перспективних проектів у різних формах як на поворотній, так і безповоротній основі.

Найважливішим сучасним фактором стимуляції та підтримки інноваційного процесу є заохочення виробництва високоякісної продукції через систему державної сертифікації. Підтверджуючи відповідність товарів вимогам державних та міжнародних стандартів, сертифікація забезпечує можливість об'єктивного вибору інноваційної продукції та її спадкоємність. Важливою передумовою комерційного успіху є існування на підприємствах систем якості. Наявність у вітчизняної продукції визнаного сертифікату якості зумовлює не тільки її ціну на світових ринках, а часто й саму можливість виходу на них. Практична реалізація можливостей національної стандартизації, метрології та сертифікації ускладнюється недоліками законодавчої бази у цій сфері: закони сформульовані у дуже загальній формі.

В XXI столітті розраховувати на комерційний успіх зможе лише те виробництво, управління яким здійснюватиметься з обов'язковим урахуванням стандартів ISO, котрі можуть з часом трансформуватись у єдині стандарти. Тому важливого значення набуває робота над цими стандартами та їх впровадження для забезпечення доступу українських підприємств на світові ринки.

Аналіз функціонування видів економічної України свідчить, що до найбільш пріоритетних, з позиції інвестування та інновацій належать ракетно-космічне виробництво; літакобудування; суднобудування; інформатизація; біотехнології; виробництво окремих видів озброєння і військової техніки.

Фактично підприємства та організації цих видів економічної діяльності завдяки своїй науковісткості та високій технологічності вже є інноваційними лідерами України. А інновації стають щоразу перспективнішими, оскільки так забезпечується технологічне оновлення виробництва, підтримується і розвивається конкурентоспроможність.

Прискорений розвиток зазначених виробництв значно полегшить конкретизацію пріоритетів наукових досліджень і розробок, позитивно вплине на оптимізацію мережі наукових установ та впорядкування системи підготовки інженерних і наукових кадрів. Далі повинен спрацювати ефект «локомотивності». Імпульс розвитку отримують металургія, хімія, приладобудування, електроніка, електротехніка і багато інших видів економічної діяльності, необхідність пріоритетності інвестування яких можна проілюструвати низкою прикладів.

Досить наукомісткою і високотехнологічною є авіаційна промисловість. Так, вартість одного кілограма кінцевої продукції цієї галузі найвища серед усіх інших виробів машинобудування і поступається лише ракетно-космічній техніці (1 кг = 1000\$, автомобіль «Мерседес» 1 кг = 20\$). Завершений цикл проектування та виробництва літаків є лише в декількох найбільш розвинутих країнах: США, Великобританії, Франції, Німеччині, Італії, Росії, Україні. На думку провідних спеціалістів інноваційної діяльності, експортний потенціал авіабудування - серед найперспективніших у машинобудуванні України [2].

Реалізація пріоритетних напрямів інноваційного розвитку сприятиме подоланню великої енерго- і матеріалоємності вітчизняної економіки та промисловості, структурної перебудови за допомогою підтримки інноваційних напрямків, які вже нині можуть виходити на світовий ринок із конкурентоспроможною продукцією, а також визначенню і забезпеченню прискореного розвитку нових науково-технологічних розробок, де високий потенціал учених і виробників, їх творчий доробок та наявні ресурси дають підстави сподіватися на здійснення стратегічного прориву.

Ефективне формування та успішне функціонування регіонального інноваційного процесу потребує чіткого планування, узгодження та координації стратегічних та цільових програм, тактичного плану, контролю за їх виконанням, тобто повного спектру управлінської діяльності. Тому організацію інноваційного процесу повинні забезпечувати управлінські нововведення, якими можуть бути:

- координація інноваційної діяльності в регіоні;
- формування інноваційних союзів для фінансування нововведень, венчурних фірм, франчайзингу;

- розміщення державних замовлень в технопарках або на підприємствах бізнес-інкубаторів;

- ініціювання місцевою владою створення регіональних інноваційних структур;

- оптимізація керування бюджетом, підтримання структурної збалансованості доходної та витратної частини бюджету.

Одним з напрямів модернізації системи управління регіональним розвитком є формування регіональних та міжрегіональних кластерів, що дозволить оптимізувати діяльність виробничих систем, активізує розвиток високотехнологічних та наукоємких виробництв, сприятиме використанню переваг спеціалізації компаній, створюючи на цій основі синергетичний ефект соціально-економічного зростання на регіональному та національному рівнях.

Перевагами кластерної організації виробництва є зміцнення співробітництва між бізнесом, наукою та державою, зростання ефективності роботи компаній завдяки швидшому доступу до ресурсів, знань, інноваційних технологій і постачальників, а також завдяки зменшенню транзакційних витрат. Завдяки так званому ефекту переливу (spill-over) і тіснішому контакту зі споживачами й іншими компаніями активізується інноваційна діяльність компаній, виникають можливості створення та поширення нових ідей і технологій серед учасників кластера та за його межами.

Підвищується рівень інвестиційної привабливості регіонів і країни в цілому за рахунок довіри інвесторів до розвинених мережевих структур (порівняно з окремими дрібними компаніями), а також наявності гарантій і пільг інвесторам з боку держави у випадку її участі у кластерних ініціативах. Але існують певні складності запровадження кластерної моделі розвитку в Україні, якими є недосконалість законодавчої бази для функціонування кластерів; відсутність підтримки кластерних ініціатив з боку держави; відсутність довіри між органами державної влади та бізнесом;

Реалізація кластерних ініціатив можлива лише за умови активізації державної регіональної політики у сфері кластеризації та створення сприятливого макроекономічного, інформаційного та правового середовища.

Список використаної літератури:

1. Мельник В.М. Податкові важелі підтримки вітчизняних товаровиробників у посткризовий період: новації податкового кодексу / В.М. Мельник, Г.С. Мельничук : Фінанси України, - №8. – 2011, с. 51-59.
2. Пашута М. Інновації як фактор випереджального розвитку економіки / М. Пашута // журнал інтелектуальної еліти, №6, 2006.
3. Снісаренко О.Б. Оптимізація структури видатків бюджетів регіону як інструмент підвищення податкового потенціалу / О.Б. Снісаренко, Ю.Ю. Гусева : Фінанси України, №3. – 2011, с. 92-99.
4. Федулова Л.І. Фінансування інновацій у посткризовий період: збалансованість фінансової та інвестиційної політик / Л.І. Федулова : Фінанси України, №8. – 2011, с. 15-28