

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
І ГЛОБАЛЬНОГО ІНФОРМАЦІЙНОГО ПРОСТОРУ
ІНСТИТУТ КІБЕРНЕТИКИ ім. В.М. ГЛУШКОВА
ІНСТИТУТ ЕКОНОМІКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ
В ЕКОНОМІЦІ

№ 1 (2), січень-березень 2015 р.

Міжнародний науковий журнал

Заснований у липні 2014 р.
Виходить 4 рази на рік

КИЇВ 2015

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Головний редактор – **С.О. Довгий**, д-р фіз.-мат. наук, чл.-кор. НАНУ
Заступник головного редактора – **О.М. Трофимчук**, д-р техн. наук,
чл.-кор. НАНУ

Члени редколегії:

В.П. Вишневецький , д-р екон. наук, акад. НАНУ	В.А. Пепеляєв , д-р фіз.-мат. наук
В.М. Гець , д-р екон. наук, акад. НАНУ	В.О. Петрухін , д-р техн. наук
Л.Ф. Гуляницький , д-р техн. наук	С.К. Полумієнко , д-р фіз.-мат. наук
Ю.І. Калох , д-р техн. наук	О.Г. Рогожин , д-р екон. наук
Ю.Г. Кривонос , д-р фіз.-мат. наук, акад. НАНУ	І.В. Сергієнко , д-р фіз.-мат. наук, акад. НАНУ
С.І. Левицький , д-р екон. наук	М.І. Скрипниченко , д-р екон. наук
Р.М. Лепа , д-р екон. наук	Д.В. Стефанишин , д-р техн. наук
В.О. Романов , д-р техн. наук	П.І. Стецюк , д-р фіз.-мат. наук
	В.О. Устименко , д-р фіз.-мат. наук

МІЖНАРОДНА РЕДАКЦІЙНА РАДА

О.М. Ведута , д-р екон. наук, проф., Росія	В.М. Полтерович , д-р. екон. наук, проф., акад. РАН, Росія
М. Вохозка , проф., Чеська Республіка	В.І. Суслов , д-р. екон. наук, проф., чл.-кор. РАН, Росія
Р. Еспехо , проф., Великобританія	Ю.С. Харін , д-р. фіз.-мат. наук, проф., чл.-кор. НАНБ, Білорусь
А. Крайка , проф., Польща	Г. Ширз , проф., Великобританія
А. Леонард , проф., Канада	
П. Миколайчак , проф., Польща	
Є.О. Нурмінський , д-р. фіз.-мат. наук, проф., Росія	

Рекомендовано до друку Вченою радою Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України (протокол № 3 від 10.03.2015 р.)

Журнал публікує оригінальні та оглядові статті, матеріали проблемного та дискусійного характеру, науково-практичні матеріали з питань математичного моделювання в різних сферах господарювання, інформаційного забезпечення процесу моделювання і прогнозування, розвитку кібернетичної складової і застосування сучасних програмно-апаратних засобів для математичного моделювання.

ОСНОВНІ ТЕМАТИЧНІ РОЗДІЛИ ЖУРНАЛУ

- Інформаційні технології в економіці
- Математичні та інформаційні моделі в економіці
- Аналіз, оцінка та прогнозування в економіці
- Дискусійні повідомлення

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ

03186, м. Київ, Чоколівський бульв., 13,
Інститут телекомунікацій і глобального
інформаційного простору НАН України
Телефони: (044) 245-87-97
(044) 524-22-62
E-mail: economconsult@gmail.com

Свідоцтво про реєстрацію
КВ № 20259-10659 Р від 14.07.2014

Електронна версія журналу в Інтернеті
www.mmejournal.in.ua українською,
російською та англійською мовами

ЗМІСТ

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ

Вохозка М.

Визначення виробничих кривих для будівельної галузі в Чеській Республіці..... 5

Кряжич О.О., Коваленко О.В.

Забезпечення алгоритмічного та ресурсного балансу при вирішенні ситуаційних задач..... 22

МАТЕМАТИЧНІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ В ЕКОНОМІЦІ

Швець С.М.

Моделювання інфляційних процесів в Україні..... 32

Омельянчик Д.А.

Агентно-орієнтовані моделі обчислювальної економіки: особливості, переваги і недоліки..... 41

Полуміснко С.К., Рибаків Л.О.

Теоретико-ігрова ресурсна модель збалансованого технологічного розвитку..... 53

Кременовська І.В., Святогор О.А.

Випадки використання методів математичного моделювання для фальсифікації наукового підґрунтя регулювання чисельності бродячих (безпритульних) тварин..... 61

АНАЛІЗ, ОЦІНКА ТА ПРОГНОЗУВАННЯ В ЕКОНОМІЦІ

Рогожин О.Г., Хлобистов Є.В., Трофимчук В.О.

«Зелена економіка» природокористування та напрями її інформаційно-аналітичного забезпечення в Україні..... 73

Кузнєцова Л.І.

Цінові фактори у системі макроекономічних балансів моделі реального сектора економіки..... 87

Атосв К.Л.

Комплексна оцінка інвестиційної привабливості аграрних регіонів в умовах зростання невизначеності та ризиків..... 96

РЕФЕРАТИ..... 107

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ..... 112

CONTENTS

INFORMATION TECHNOLOGY IN ECONOMY

Vochozka M.

Determination of the production curves for the construction industry in the Czech Republic..... 5

Kryazhych O.O., Kovalenko O.V.

Providing algorithmic and resource balance in the decision of situational tasks..... 22

MATHEMATICAL AND INFORMATIONAL MODELS IN ECONOMY

Shvets S.M.

Modelling inflation processes in Ukraine..... 32

Omelyanchik D.A.

Agent-oriented models of computational Economics: features, advantages and disadvantages..... 41

Polumiienko S.K., Rybakov L.A.

Game-theoretical resource sustainable development model..... 53

Kremenovska I.V., Svyatogor O.A.

Use of methods of mathematical modeling for falsification of the scientific basis for the regulation of the number of homeless animals..... 61

ANALYSIS, EVALUATION AND FORECASTING IN ECONOMY

Rogozin O.G., Hlobystov E.V., Trofymchuk V.O.

“Green economy” of nature and the direction of its information and analytical support in Ukraine..... 73

Kuznetsova L.I.

The cost factors in the system of macroeconomic balance of the model to the real economy..... 87

Atoev K.L.

A comprehensive evaluation of investment attractiveness of the agricultural regions in the face of increasing uncertainty and risks 96

ABSTRACTS..... 107

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS..... 112

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ

УДК 004.02

M. VOCHOZKA

DETERMINATION OF THE PRODUCTION CURVES FOR THE CONSTRUCTION INDUSTRY IN THE CZECH REPUBLIC

***Abstract.** The construction industry is the first to be affected by developments in the economy. It is the first to contract during a period of economic recession and the first to expand during a period of economic growth. This brings to mind whether it is possible to predict the development of the economy based on predictions for the construction industry. This is a fairly complex problem which can easily be divide into several sub-problems. First and foremost it is necessary to find the means that will allow us to predict the development of the construction industry. It is possible to apply a production function, when an independent variable (production factory) is known and we look for a dependent variable i.e. the volume of production. The production functions for the coming years - if we know the volume of production factors - may indicate the future development of the industry. The subject of this paper is to find an answer to the first of these partial problems. The purpose of this is to be able to predict the development of the economy based on the development of the construction industry and to find the means by which these predictions can be made specifically based on production functions for the construction industry in the Czech Republic.*

***Key words:** production factors, production funtions, construction industry, prediction.*

Introduction

Even in 2015 it can be said that the Czech economy continues to be in recession, a recession that has persisted for many years. Low GDP growth has been temporary and there are no signs of a long term trend towards improvement. Economists estimate the development of the economy primarily on the basis of macroeconomic variables such as GDP, balance of trade, inflation, unemployment, investment rate, etc.

Business and financial managers alike carefully observe such economic predictions. Their task is to financially manage specific enterprises in accordance with the objectives of their shareholders (according to the logic of increasing shareholder value). If we put forward the argument that every company tries to increase shareholder value (that is if they have no existential problems), this would mean that if the majority of enterprises in the economy are successful and are meeting their basic objectives (i.e. they add value to the economy as a whole), it can be stated that the whole economy is successful and growing.

On the basis of this argument it would be logical to question whether it is then possible to predict the development of the economy according to the developments in, and forecasts from, the business environment. In other words, as the sum of the economic performances of business entities. The answer may be twofold. Firstly, we can assume that the development of the business environment heralds the development of the entire economy. On this basis we can predict the development of the entire economy on the results of business entities. Secondly, we can assume that higher entities behave with indifference to lower level entities.

In either case it is an extremely important moment for obtaining the relevant data and determining the production curve.

The aim of this paper is to determine the production curves for the construction industry in the Czech Republic and in its individual regions.

1. Material and methodology

The information given below about companies comes from the Albertina database. The data covers all the construction companies which operated on the Czech market between the years 2003-2011 and which fall into the classification CZ-NACE under Section F. The following activities are involved – construction of buildings, civil engineering and specialized construction activities.

The file contains a total of 67,492 rows of data in columns labelled:

- company registration no.;
- company name (15,189 companies);
- region
- list of annual financial statements between 2002-2011 (some companies did not submit financial statements in some years, some did it twice, three times or four times a year);
- sales (dependent variable y - production),
- sales costs + power consumption (explanatory variable = regressor $x_1 - 1$ production factor);
- labour costs (explanatory variable $x_2 - 2$ production factor),
- amortization of intangible and tangible assets (explanatory variable $x_3 - 3$ production factor);
- other operating expenses (explanatory variable $x_4 - 4$ production factor),
- interest (explanatory variable $x_5 - 5$ production factor).

The production value and production factors are stated in TCZK (thousands of Czech Crowns). These values can be zero or negative too. The data is completed with the following variables: dic (data identification number, 1 – 67492, jv vector of ones),

$$\begin{aligned} \ln y &= \ln(y + 26481833), \ln x_1 = \ln(x_1 + 27143333), \ln x_2 = \\ &= \ln(x_2 + 159923), \\ \ln x_3 &= \ln(x_3 + 65409) \end{aligned} \quad (1)$$

Linear models were derived by using the method of least squares (for this purpose the introduction of logarithmic transformations is required). The programs MS Office Excel, R, STATGRAPHICS and GiveWin2 were used. The data was

loaded into an R program in the sentence: `>LNPF <- read.table ("clipboard", header=TRUE, sep="\t", na.strings="NA", + dec=".", strip.white=TRUE).`

Results – production function.

Based on the imported underlying data, basic data on variables was obtained in an R program (year_k is a categorical variable year). The linear dependence of production on production factors is indicated by the correlation matrix.

2. Linear single-factor production function

The linear single-factor production function where y is dependent on x_1 is subjected to an investigation into the shape of the regression line

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon_i,$$

where β_0 and β_1 are the estimated regression parameters (the absolute term – the intercept – a regression coefficient describes the absolute flexibility of the production factor y on x_1)
 ε_i is a random (error component), $i = 1, \dots, n$ (n is the number of measurements).

A regression line is determined on the basis of an estimation (offsetting) using the method of the least squares (hereinafter referred to as “LSM”). This method aims to minimize the sum of the squared residues i.e. the differences between the measured values and equivalent values measured on a straight line, using the software R.

The output is the following result:

$$lm(formula = y \sim x_1, data = LNPF)$$

The resulting values are shown in Table 1.

Table 1 – Results from the application of the LSM on production factor x_1

	Estimate	Std. error	t-value	Pr(< t)	
Intercept	$3.19e + 03$	$1.44e + 02$	22.05	$<2e - 16$	***
x_1	$1.216e + 00$	$3.470e - 04$	3504.84	$< 2e - 16$	***

Source: Author

Residual standard error: 37,400 on 67,490 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.9945

Adjusted R-squared: 0.9945

F-statistic: 1.228e+07 on 1 and 67,490 DF, p-value: $< 2.2e - 16$

The estimated production function can be expressed as:

$$y = 3195 + 1.216x_1 + e \tag{2}$$

where e is a vector of residues (differences between measured and balanced values), which represent the estimates for random elements.

From small p-value (risks of an incorrect rejection test null hypothesis) significance tests it is evident that both the estimated regression parameters are statistically significant (production factor x_1 significantly acts linearly on production function y and at an average initial level of production of TCZK 3,195 when $x_1 = 0$ is significantly set). The slope can be interpreted as the absolute flexibility i.e. with every increase in production factor x by a total of one thousand, output y increases on average by TCZK 1,216. The strength of dependence is

expressed by the coefficient of determination $R^2 = 0.9945$. This can be interpreted to mean that 99.45% of changes in production factor x_1 can be explained. This fact confirms the very strong linear dependence of production function y on factor x_1 . This is evident from the close proximity of the dots on the dot plot, which represent the measured values, to the balanced line. Other factors relating to changes in production function y can only explain a maximum of 0.55% of changes. This single-factor production function is therefore crucial. In mathematical statistics it has been shown that the estimates obtained through the LSM are impartial and consistent (approaching in probability the estimated parameters). In order to minimise selection errors so that other statistical induction (tests and confidence intervals) could be performed, the normality of the distribution of random components with zero value and a constant variance (i.e. so-called homoscedasticity of variances measurement y) and the linear independence of the individual measurement of output (i.e. between measurements is not a serial dependence - the so-called autocorrelation) are required. The verification of these conditions is usually done on residues graphically using residual analysis (or by statistical tests applied to the residues). Each program therefore counts residues and their standardized values (i.e. studentized residues, which in the case of normality should randomly fluctuate around zero, maximally within the range from -8 to +8). The dependence is usually shown by the studentized residues on the balanced values and serial numbers of measurement. If the residues do not move within that band (having the shape of open scissors), there is heteroscedasticity (opposite homoscedasticity) in the model. This can be dealt with by subjecting the estimate of the regression function to a so-called weighted LSM. If there is inertia in the residues there is an autocorrelation. In such cases estimates of the generalized LSM (e.g. in the model CORC- methods with offered econometric applications GiveWin2) are used instead of the ordinary LSM. Normality can be verified through a QQ-diagram (the dependency of empirical and theoretical quantiles of residues and normal quantiles lying on the line). If the points – showing the empirical quantiles – are close to that line, the residues are normally distributed. Graphs of residues are given in Figure 1, 2.

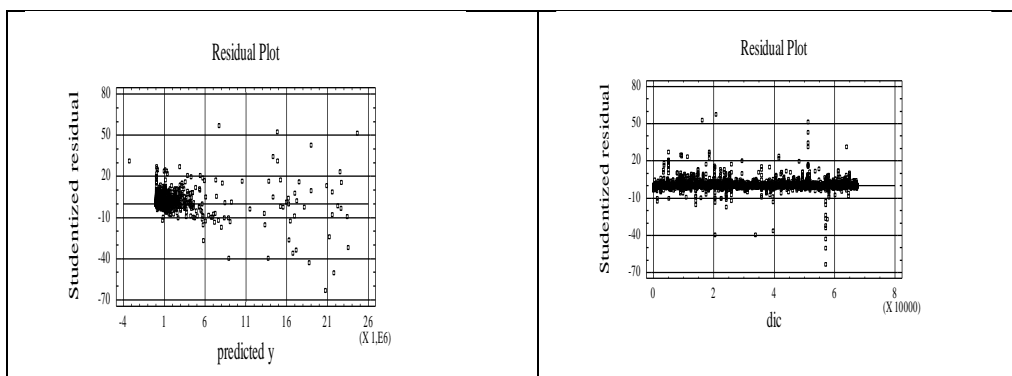


Figure 1 – Graphs of residues

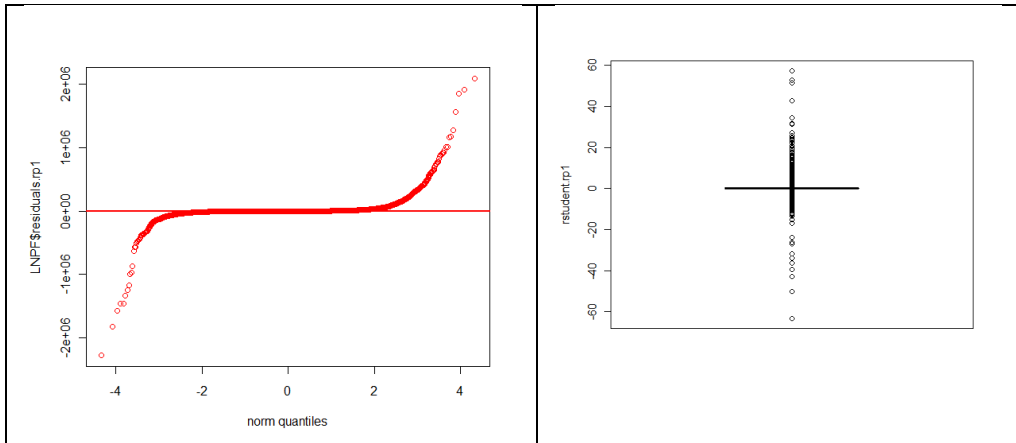


Figure 2 – Graphs of residues

These graphs of studentized residues show that the normality of data is breached and in the model there is a certain level of heteroscedasticity in variance of residues (according to the previous dot plot, the level is not relatively high). These problems can be partially explained by the presence of relatively large amounts of low and high, outlying and extreme values in the data. This can also be seen in the last picture which is a box plot for the course of studentized residues. It is necessary - with discretion - to look at the possible use of other methods of statistical induction in the model and at the evaluation of the size of the standard errors of the estimated regression parameters. The static quality of the model could be improved by deleting these values, but the values of the estimated regression parameters would consequently change.

Further specification of the production function derived by *year* or by *region* is also of interest. If a qualitative (categorical) variable is to be included in the regression model, a so-called dummy variable must be used to determine its levels. These dummy variables have a value of 1 if the qualitative variable comes in at this level and otherwise the value 0. In order to prevent multicollinearity in the regression model, the number of used dummy variables must be equal to the number of levels minus one. Any level at which a dummy variable has been omitted is called a reference variable (this is usually at the first level). The estimated regression coefficients of dummy variables indicates how much the average value of the explanatory variable has changed while the level of dummy variables passed from the reference level to the intended level (e.g. the region has changed from JCK under consideration to another region, or the year changed from 2002 to another intended year). The model can include quantitative interactions with a qualitative variable (the estimated coefficient is interpreted as an amendment to the directive corresponding to the transition from the reference level to the intended level of the qualitative variable).

First, we assume the dependence on production factor x_j and the year. The year is a categorical variable to levels in 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010 and 2011. Dummy variables $u_{02}, u_{03}, \dots, u_{11}$ can be introduced for each year. The first dummy variable u_{02} is omitted. This variable for the *year* is considered to be level reference one. Other dummy variables u_{03} to u_{11} are included in the model and a production function predicted:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 u_{03} + \beta_3 u_{04} + \beta_4 u_{05} + \dots + \beta_{10} u_{11} + \beta_{11} x_1 u_{03} + \beta_{12} x_1 u_{04} + \dots + \beta_{19} x_1 u_{11} + \varepsilon \quad (3)$$

The equation can be established again in the program R1 using the LSM. The resulting parameters are listed in Table 2.

Table 2 – Resulting parameters of a production function for production factor x_1 according to the individual years in the reference period

	Estimate	Std. error	t-value	Pr(< t)	
(Intercept)	-3.160e+03	6.406e+03	-0.493	0.622	
x_1	1.373e+00	3.008e-03	456.574	<2e-16	***
year_k[T.2003]	5.966e+03	6.428e+03	0.928	0.353	
year_k[T.2004]	5.782e+03	6.423e+03	0.900	0.368	
year_k[T.2005]	6.099e+03	6.420e+03	0.950	0.342	
year_k[T.2006]	6.003e+03	6.418e+03	0.935	0.350	
year_k[T.2007]	6.003e+03	6.416e+03	1.075	0.282	
year_k[T.2008]	7.668e+03	6.416e+03	1.195	0.232	
year_k[T.2009]	6.442e+03	6.416e+03	1.004	0.315	
year_k[T.2010]	5.872e+03	6.417e+03	0.915	0.360	
year_k[T.2011]	7.045e+03	6.466e+03	1.090	0.276	
x_1 : year_k[T.2003]	-1.408e-01	3.332e-03	-42.256	<2e-16	***
x_1 : year_k[T.2004]	-1.530e-01	3.223e-03	-47.491	<2e-16	***
x_1 : year_k[T.2005]	-1.547e-01	3.151e-03	-49.086	<2e-16	***
x_1 : year_k[T.2006]	-1.635e-01	3.147e-03	-51.968	<2e-16	***
x_1 : year_k[T.2007]	-1.766e-01	3.153e-03	-56.006	<2e-16	***
x_1 : year_k[T.2008]	-1.900e-01	3.136e-03	-60.577	<2e-16	***
x_1 : year_k[T.2009]	-1.448e-01	3.133e-03	-46.225	<2e-16	***
x_1 : year_k[T.2010]	-1.387e-01	3.175e-03	-43.687	<2e-16	***
x_1 : year_k[T.2011]	-1.502e-01	3.251e-03	<2e-16	<2e-16	***

Source: Author

Residual standard error: 36,000 on 67,472 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.9949, Adjusted R-squared: 0.9949

F-statistic: 6.983e+05 on 19 and 67,472 DF, p-value: < 2.2e-16

Here, for example, year_k[T.2003] indicates u_{03} , and x_1 :year_k[T.2003] indicates $x_1 u_{03}$. The estimated production function is:

¹ Using the application R has the advantage that the necessary dummy variables will be introduced into the model automatically. It is not necessary to generate them.

$$y = -3160 + 1.373x_1 + 5966u_{03} + 5782u_{04} + \dots + 7045u_{11} - 0.141x_1u_{03} - 0.153x_1u_{04} - \dots - 0.1x_1u_{11} + e \quad (4)$$

The production function for 2002 (reference period) can be determined if we substitute all the dummy variables for 0. The production function for 2002 is therefore as follows:

$$y = -3160 + 1.373 + e. \quad (5)$$

The production function for 2003 can be obtained by substituting $u_{03}=1$, and by substituting the other dummy variables for 0. The production function for 2003 is therefore as follows:

$$y = -3160 + 1.373x_1 + 5966 + 0 + \dots + 0 - 0.141x_1 - 0 - \dots - 0 + e = 2806 + 1.232x_1 + e. \quad (6)$$

By continuing this process (i.e. by adding the coefficient of the respective dummy variable to the intercept, and by adding the coefficient $u x_1$ multiplied by the dummy variable to the slope) the equations for the production functions for years are as follows:

$$\begin{aligned} 2004: y &= -3160 + 5782 + 1.373x_1 - 0.153x_1 + e = 2622 + 1.220x_1 + e \\ 2005: y &= -3160 + 6099 + 1.373x_1 - 0.153x_1 + e = 2939 + 1.218x_1 + e \\ 2006: y &= -3160 + 6003 + 1.373x_1 - 0.164x_1 + e = 2846 + 1.209x_1 + e \\ 2007: y &= -3160 + 6898 + 1.373x_1 - 0.177x_1 + e = 3739 + 1.196x_1 + e \\ 2008: y &= -3160 + 7668 + 1.373x_1 - 0.190x_1 + e = 4508 + 1.186x_1 + e \\ 2009: y &= -3160 + 5782 + 1.373x_1 - 0.145x_1 + e = 3282 + 1.228x_1 + e \\ 2010: y &= -3160 + 5782 + 1.373x_1 - 0.139x_1 + e = 2712 + 1.234x_1 + e \\ 2011: y &= -3160 + 7045 + 1.373x_1 - 0.150x_1 + e = 3885 + 1.223x_1 + e \end{aligned} \quad (7)$$

In summary it can be stated that the average levels of production (at $x_1 = 0$) are not statistically significant in the individual years (in 2002 there were only 33 highly variable figures). On the contrary, absolute flexibilities are statistically significant (marked by asterisks) and vary only slightly.

The R-square (coefficient of determination) rose to 0.9949, i.e. 99.49 % of all changes to production y in the individual years is explained by factor x_1 . The conclusions, subject to the verification of conditions, are similar to the previous model.

In the following part, linearsingle-factor production functions will be compared for production factor x_1 with the variable *region*.

Region JCK (South Bohemia) represents the basic level (alphabetically it is in the first place). Apart from the variable x_1 , the explanatory dummy variables for the other regions ($u_{JCK}, u_{JMK}, u_{KVK}, u_{KV}, u_{KK}, u_{LK}, u_{MK}, u_{OK}, u_{PK}, u_{PK}, u_{SK}, u_{UK}, u_{ZK}, u_{PHA}$) will be inserted into the model (designated in R as `region[T.JMK]`, `region[T.KK]`, ..., `region[T.ZK]`).

The results of the analysis are presented in Table 3.

Table 3 – Resulting parameters of production function for production factor x_1 in the individual regions

	Estimate	Std. error	t-value	Pr(> t)	
(Intercept)	4.739e+03	5.778e+02	8.201	2.42e-16	***
x_1	1.169e+00	2.972e-03	393.282	< 2e-16	***
region[T.JMK]	-1.365e+03	6.971e+02	-1.958	0.05028	
region[T.KK]	-2.422e+03	8.621e+02	-2.809	0.00497	**
region[T.KV]	-5.905e+03	1.004e+03	-5.879	4.14e-09	***
region[T.KVK]	-1.647e+03	1.191e+03	-1.383	0.16670	
region[T.LK]	-1.289e+03	9.089e+02	-1.418	0.15620	
region[T.MK]	-3.432e+03	7.382e+02	-4.650	3.33e-06	***
region[T.OK]	-5.484e+03	9.453e+02	-5.801	6.61e-09	***
region[T.PHA]	-1.266e+03	6.426e+02	-1.970	0.04881	*
region[T.PK]	-4.222e+03	7.562e+02	-5.583	2.37e-08	***
region[T.SK]	6.726e+02	7.633e+02	0.881	0.37823	
region[T.UK]	-9.768e+02	7.817e+02	-1.249	0.21150	
region[T.ZK]	-3.605e+03	8.547e+02	-4.218	2.47e-05	***
x_1 :region[T.JMK]	1.026e-02	3.195e-03	3.211	0.00132	**
x_1 :region[T.KK]	2.587e-02	8.474e-03	3.053	0.00227	**
x_1 :region[T.KV]	2.132e-01	8.621e-03	24.730	< 2e-16	***
x_1 :region[T.KVK]	4.689e-02	1.533e-02	3.059	0.00222	**
x_1 :region[T.LK]	5.164e-03	5.198e-03	0.993	0.32051	
x_1 :region[T.MK]	1.146e-01	3.467e-03	33.062	< 2e-16	***
x_1 :region[T.OK]	1.529e-01	6.404e-03	23.883	< 2e-16	***
x_1 :region[T.PHA]	4.890e-02	2.995e-03	16.327	< 2e-16	***
x_1 :region[T.PK]	1.550e-01	4.939e-03	31.386	< 2e-16	***
x_1 :region[T.SK]	-1.815e-02	3.653e-03	-4.968	6.78e-07	***
x_1 :region[T.UK]	5.045e-02	4.249e-03	11.872	< 2e-16	***
x_1 :region[T.ZK]	1.016e-01	5.441e-03	18.680	< 2e-16	***

Source: Author

Residual standard error: 35,980 on 67,466 degrees of freedom.

Multiple R-squared: 0.9949

Adjusted R-squared: 0.9949

F-statistic: 5.31e+05 on 25 and 67466 DF, p-value: < 2.2e-16

The production function for region JCK is:

$$y = 4739 + 1.169x + e. \tag{8}$$

The coefficients next to the dummy variables indicate how much the initial average production changes during the transition from region JCK to another region (it mostly declines, with the most significant decrease being TCZK 5,905 when moving from region JCK to region KV). However, what is more important are the changes to absolute flexibility that occur with regards to the product variables (the last twelve lines). For all the regions, except for region SK, the absolute flexibility is higher than in region JCK. Compared to region JCK, the highest increase (by TCZK 213) is represented by region KV. An overview of the

resulting parameters in TCZK for the production function $y = b_0 + b_1x_1$ is given in Table 4. From this overview it is clear that most of the regression parameters are statistically significant.

Table 4 – Overview of resulting parameters in TCZK for the production function $y = b_0 + b_1x_1$

region	change b_0	b_0	change b_1	b_1
JCK	0	4739	0	1.169
JMK	-1365	3374	0.010	1.179
KK	-2422	2317	0.026	1.195
KV	-5905	-1166	0.213	1.382
KVK	-1647	3092	0.047	1.216
LK	-1289	3450	0.005	1.174
MK	-3432	1307	0.115	1.284
OK	-5484	-745	0.152	1.321
PHA	-1266	3473	0.049	1.218
PK	-4222	517	0.155	1.324
SK	673	5412	-0.018	1.151
UK	-977	3762	0.050	1.219
ZK	-3605	1134	0.102	1.271

Source: Author

The results of the conditions verification for the use of this model are analogous to those of the first model.

A brief description follows of the results of the linear single-factor model for production y dependence on the other production factors. The comments on the results are analogous to the previous models.

3. Linear single-factor model for production y dependence on production factor x_2

The result of the LSM application to production factor x_2 is given in Table 5.

Table 5 – Results of the LSM application to production factor x_2

	Estimate	Std. error	t-value	Pr(> t)	
(Intercept)	12087.12	1097.00	11.02	<2e-16	***
x_2	11.55	0.03	384.90	<2e-1	***

Source: Author

Residual standard error: 283,100 on 67,490 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.687

Adjusted R-squared: 0.687

F-statistic: 1.482e+05 on 1 and 67490 DF, p-value: < 2.2e-16

The single-factor model equation can be estimated again in the program R using the LSM. The resulting parameters are presented in Table 6.

Table 6 – Resulting parameters of the production function for production factor x_2 according to the individual years in the reference period

	Estimate	Std. error	t-value	Pr(< t)	
(Intercept)	7.600e+05	5.354e+04	14.195	< 2e-16	***
x_2	-1.634e+01	3.162e+00	-5.166	2.39< 2e-07	***
year_k[T.2003]	-7.138e+05	5.367e+04	-13.300	< 2e-16	***
year_k[T.2004]	-7.534e+05	5.364e+04	-14.046	< 2e-16	***
year_k[T.2005]	-7.398e+05	5.362e+04	-13.797	< 2e-16	***
year_k[T.2006]	7.581e+05	5.361e+04	-14.140	< 2e-16	***
year_k[T.2007]	-7.560e+05	5.360e+04	-14.104	< 2e-16	***
year_k[T.2008]	-7.576e+05	5.360e+04	-14.136	< 2e-16	***
year_k[T.2009]	-7.589e+05	5.360e+04	-14.160	< 2e-16	***
year_k[T.2010]	-7.586e+05	5.360e+04	-14.151	< 2e-16	***
year_k[T.2011]	-7.608e+05	5.389e+04	-14.117	< 2e-16	***
x_2 : year_k[T.2003]	2.111e+01	3.162e+00	6.674 2	<2.51e-11	***
x_2 : year_k[T.2004]	3.033e+01	3.164e+00	9.586	< 2e-16	***
x_2 : year_k[T.2005]	3.001e+01	3.165e+00	9.481	< 2e-16	***
x_2 : year_k[T.2006]	3.149e+01	3.163e+00	9.956	< 2e-16	***
x_2 : year_k[T.2007]	3.054e+01	3.163e+00	9.656	< 2e-16	***
x_2 : year_k[T.2008]	2.977e+01	3.163e+00	9.412	< 2e-16	***
x_2 : year_k[T.2009]	2.847e+01	3.162e+00	9.002	< 2e-16	***
x_2 : year_k[T.2010]	2.788e+01	3.162e+00	8.817	< 2e-16	***
x_2 : year_k[T.2011]	2.903e+01	3.163e+00	9.179	< 2e-16	***

Source: Author

Residual standard error: 254,400 on 67,472 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.7472

Adjusted R-squared: 0.7471

F-statistic: 1.05e+04 on 19 and 67472 DF, p-value: < 2.2e-16

The results of the linear single-factor model for production y dependence on production factor x_2 and the region are shown in Table 7.

Table 7 – Resulting parameters of the production function for production factor x_2 according to the individual regions

	Estimate	Std. error	t-value	Pr(> t)	
(Intercept)	10028.5392	3969.9714	2.526	0.0115	*
x_2	9.7158	0.2067	47.011	< 2e-16	***
region[T.JMK]	-8169.2802	4794.1515	-1.704	0.0884	
region[T.KK]	-5034.6940	5923.3758	-0.850	0.3953	
region[T.KV]	-318.2433	6797.4757	-0.047	0.9627	

Table 7 (continued)

region[T.KVK]	-163.2542	8185.7353	-0.020	0.9841	
region[T.LK]	-2629.4228	6252.4120	-0.421	0.6741	
region[T.MK]	25197.9974	5052.9068	4.987	6.15e-07	***
region[T.OK]	11621.8814	6383.6814	1.821	0.0687	
region[T.PHA]	7313.7758	4412.2246	1.658	0.0974	
region[T.PK]	-4971.1854	5193.9058	-0.957	0.3385	
region[T.SK]	-6915.7810	5273.9969	-1.311	0.1898	
region[T.UK]	-3053.9825	5371.1556	-0.569	0.5696	
region[T.ZK]	5887.2073	5872.6174	1.002	0.3161	
x_2 :region[T.JMK]	5.8584	0.2441	24.001	< 2e-16	***
x_2 :region[T.KK]	1.3965	0.6113	2.284	0.0224	*
x_2 :region[T.KV]	-0.4954	0.4454	-1.112	0.2660	
x_2 :region[T.KVK]	-1.2031	0.9804	-1.227	0.2197	
x_2 :region[T.LK]	3.7006	0.4658	7.945	1.97e-15	***
x_2 :region[T.MK]	-6.3060	0.2163	-29.150	< 2e-16	***
x_2 :region[T.OK]	-3.1054	0.3047	-10.191	< 2e-16	***
x_2 :region[T.PHA]	3.6460	0.2090	17.446	< 2e-16	***
x_2 :region[T.PK]	1.4353	0.3319	4.325	1.53e-05	***
x_2 :region[T.SK]	4.3173	0.3231	13.362	< 2e-16	***
x_2 :region[T.UK]	1.4987	0.3009	4.981	6.35e-07	***
x_2 :region[T.ZK]	-0.3238	0.4061	-0.797	0.4253	

Source: Author

Residual standard error: 246,600 on 67,466 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.7626

Adjusted R-squared: 0.7625

F-statistic: 8670 on 25 and 67466 DF, p-value: < 2.2e-16

4. Linear single-factor model for production y dependence on production factor x_3

The results of the application of the LSM to production factor x_3 are given in Table 8.

Table 8 – Results of the application of the LSM to production factor x_3

	Estimate	Std. error	t-value	Pr(> t)	
(Intercept)	15664.223	1185.551	13.21	<2e-16	***
x_3	46.855	0.137	342.01	<2e-16	***

Source: Author

Residual standard error: 306,000 on 67,490 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.6341

Adjusted R-squared: 0.6341

F-statistic: 1.17e+05 on 1 and 67490 DF, p-value: < 2.2e-16

The single-factor model equation is estimated again in the program R using the LSM. The resulting parameters are presented in Table 9.

Table 9 – Resulting parameters of the production function for production factor x_3 according to the individual years in the reference period

	Estimate	Std. error	t-value	Pr(< t)	
(Intercept)	2.690e+04	5.283e+04	0.509	0.610638	
x_3	4.758e+01	8.615e-01	55.228	< 2e-16	***
year_k[T.2003]	-1.634e+04	5.302e+04	-0.308	0.757926	
year_k[T.2004]	-1.795e+04	5.297e+04	-0.339	0.734779	
year_k[T.2005]	-1.971e+04	5.295e+04	-0.372	0.709761	
year_k[T.2006]	-1.795e+04	5.293e+04	-0.339	0.734528	
year_k[T.2007]	-4.710e+03	5.292e+04	-0.089	0.929079	
year_k[T.2008]	-2.688e+03	5.291e+04	-0.051	0.959493	
year_k[T.2009]	-1.208e+04	5.291e+04	-0.228	0.819355	
year_k[T.2010]	-1.282e+04	5.292e+04	-0.242	0.808608	
year_k[T.2011]	-2.047e+04	5.333e+04	-0.384	0.701012	
x_3 : year_k[T.2003]	1.154e+01	1.083e+00	10.657	< 2e-16	***
x_3 : year_k[T.2004]	1.142e+01	1.021e+00	11.189	< 2e-16	***
x_3 : year_k[T.2005]	9.608e+00	1.021e+00	11.189	< 2e-16	***
x_3 : year_k[T.2006]	1.242e+01	9.691e-01	12.818	< 2e-16	***
x_3 : year_k[T.2007]	-2.720e+00	9.462e-01	-2.875	0.004040	**
x_3 : year_k[T.2008]	-7.875e+00	9.270e-01	-8.495	< 2e-16	***
x_3 : year_k[T.2009]	-7.197e+00	9.154e-01	-7.862	3.85e-15	***
x_3 : year_k[T.2010]	-9.389e+00	9.280e-01	-10.118	< 2e-16	***
x_3 : year_k[T.2011]	3.438e+00	9.767e-01	3.520	0.000431	***

Source: Author

Residual standard error: 297,500 on 67,472 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.6544

Adjusted R-squared: 0.6543

F-statistic: 6724 on 19 and 67472 DF, p-value: < 2.2e-16

The results of the linear single-factor model for production y dependence on production factor x_3 and the region are given in Table 10.

Table 10 – Resulting parameters of the production function for production factor x_3 according to the individual regions

	Estimate	Std. error	t-value	Pr(> t)	
(Intercept)	12497.7201	4595.1744	2.720	0.00653	**
x_3	45.1346	1.2388	36.433	< 2e-16	***
region[T.JMK]	24710.4797	5535.5871	4.464	8.06e-06	***
region[T.KK]	-2580.7511	6794.7052	-0.380	0.70408	
region[T.KV]	12672.1787	7746.6942	1.636	0.10188	
region[T.KVK]	6186.4484	9465.0203	0.654	0.51336	
region[T.LK]	19577.5231	7174.8805	2.729	0.00636	**

Table 10 (continued)

region[T.MK]	12562.4482	5848.4599	2.148	0.03172	*
region[T.OK]	-3255.9070	7528.1553	-0.432	0.66538	
region[T.PHA]	7267.2783	5105.1992	1.424	0.15459	
region[T.PK]	9521.9270	5959.9292	1.598	0.11012	
region[T.SK]	-3366.2787	6067.6280	-0.555	0.57904	
region[T.UK]	13776.5131	6184.6876	2.228	0.02592	*
region[T.ZK]	15453.6051	6686.1185	2.311	0.02082	*
x_3 :region[T.JMK]	-22.7433	1.3178	-17.258	< 2e-16	***
x_3 :region[T.KK]	0.1404	3.0459	0.046	0.96325	
x_3 :region[T.KV]	-18.5642	2.0231	-9.176	< 2e-16	***
x_3 :region[T.KVK]	-12.8074	6.9697	-1.838	0.06613	
x_3 :region[T.LK]	-33.8729	1.6180	-20.936	< 2e-16	***
x_3 :region[T.MK]	-16.5264	1.3171	-12.548	< 2e-16	***
x_3 :region[T.OK]	23.0879	3.3662	6.859	7.00e-12	***
x_3 :region[T.PHA]	9.0754	1.2479	7.272	3.57e-13	***
x_3 :region[T.PK]	-15.7783	1.5823	-9.972	< 2e-16	***
x_3 :region[T.SK]	11.5434	1.6022	7.205	5.87e-13	***
x_3 :region[T.UK]	-17.5910	1.5401	-11.422	< 2e-16	***
x_3 :region[T.ZK]	-23.7210	1.4542	-16.312	< 2e-16	***

Source: Author

Residual standard error: 284,800 on 67,466 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.6832

Adjusted R-squared: 0.6831

F-statistic: 5820 on 25 and 67466 DF, p-value: < 2.2e-16

5. Linear single-factor model for production y dependence on production factor x_4

The results of the application of the LSM to production factor x_4 are given in Table 11.

Table 11 – The results of the application of the LSM to production factor x_4

	Estimate	Std. error	t-value	Pr(> t)	
(Intercept)	4.121e+04	1.693e+03	24.35	<2e-16	***
x_4	1.654e+01	1.105e-01	149.67	<2e-16	***

Source: Author

Residual standard error: 438,400 on 67,490 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.2492

Adjusted R-squared: 0.2492

F-statistic: 2.24e+04 on 1 and 67490 DF, p-value: < 2.2e-16

The single-factor model equation is estimated in the program R using the LSM. The resulting parameters are given in Table 12.

Table 12 – Resulting parameters of the production function for production factor x_4 according to the individual years in the reference period

	Estimate	Std. error	t-value	Pr(< t)	
(Intercept)	-466066.99	78477.25	-5.939	2.88e-09	***
x_4	424.43	11.78	36.023	< 2e-16	***
year_k[T.2003]	523006.24	78718.49	6.644	3.08e-11	***
year_k[T.2004]	499575.35	78664.24	6.351	2.16e-10	***
year_k[T.2005]	501582.58	78631.73	6.379	1.80e-10	***
year_k[T.2006]	492918.73	78612.39	6.270	3.63e-10	***
year_k[T.2007]	508932.28	78612.39	6.476	9.51e-11	***
year_k[T.2008]	512025.04	78587.12	6.515	7.30e-11	***
year_k[T.2009]	507968.62	78583.01	6.464	1.03e-10	***
year_k[T.2010]	501930.24	78597.36	6.386	1.71e-10	***
year_k[T.2011]	478717.01	79133.67	6.049	1.46e-09	***
x_4 : year_k[T.2003]	-414.23	11.79	-35.140	< 2e-16	***
x_4 : year_k[T.2004]	-414.23	11.79	-33.779	< 2e-16	***
x_4 : year_k[T.2005]	-398.27	11.79	-34.467	< 2e-16	***
x_4 : year_k[T.2006]	-406.20	11.79	-32.850	< 2e-16	***
x_4 : year_k[T.2007]	-387.29	11.79	-34.605	< 2e-16	***
x_4 : year_k[T.2008]	-410.87	11.79	-34.862	< 2e-16	***
x_4 : year_k[T.2009]	-414.01	11.79	-35.133	< 2e-16	***
x_4 : year_k[T.2010]	-410.13	11.79	-34.799	< 2e-16	***
x_4 : year_k[T.2011]	-375.80	11.81	-31.826	< 2e-16	***

Source: Author

Residual standard error: 417,200 on 67,472 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.3202 Adjusted R-squared: 0.32

F-statistic: 1672 on 19 and 67472 DF, p-value: < 2.2e-16

The results of the linear single-factor model for production y dependence on production factor x_4 and the regions are given in Table 13.

Table 13 – The resulting parameters of the production function for production factor x_4 according to the individual regions

	Estimate	Std. error	t-value	Pr(> t)	
(Intercept)	30474.2785	6878.5812	4.430	9.42e-06	***
x_4	22.0101	1.1595	18.983	< 2e-16	***
region[T.JMK]	12549.1052	8306.1418	1.511	0.13084	
region[T.KK]	-7824.0283	10143.4349	-0.771	0.44051	
region[T.KV]	9197.5592	11534.7329	0.797	0.42523	
region[T.KVK]	-3201.0797	13666.7446	-0.234	0.81481	
region[T.LK]	3680.5467	10782.3806	0.341	0.73284	

Table 13 (continued)

region[T.MK]	1629.7708	8798.4523	0.185	0.85305	
region[T.OK]	1224.2068	11135.6782	0.110	0.91246	
region[T.PHA]	30473.9353	7660.2720	3.978	6.95e-05	***
region[T.PK]	6020.2783	8923.0732	0.675	0.49988	
region[T.SK]	8920.6082	9077.8329	0.983	0.32577	
region[T.UK]	8550.1696	9281.7580	0.921	0.35696	
region[T.ZK]	3099.7348	10063.4451	0.308	0.75807	
x_4 :region[T.JMK]	-10.8739	1.1924	-9.119	< 2e-16	***
x_4 :region[T.KK]	-0.9454	3.4983	-0.270	0.78696	
x_4 :region[T.KV]	-14.7233	1.4047	-10.482	< 2e-16	***
x_4 :region[T.KVK]	-16.6689	1.8883	-8.828	< 2e-16	***
x_4 :region[T.LK]	-15.1489	1.3772	-11.000	< 2e-16	***
x_4 :region[T.MK]	-0.7168	1.3206	-0.543	0.58726	
x_4 :region[T.OK]	8.6624	3.0027	2.885	0.00392	**
x_4 :region[T.PHA]	-2.4618	1.1677	-2.108	0.03501	*
x_4 :region[T.PK]	-8.7781	1.5818	-5.549	2.88e-08	***
x_4 :region[T.SK]	-12.9655	1.2073	-10.739	< 2e-16	***
x_4 :region[T.UK]	-8.0794	1.6312	-4.953	7.33e-07	***
x_4 :region[T.ZK]	-5.3507	1.5395	-3.476	0.00051	***

Source: Author

Residual standard error: 432,400 on 67,466 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.2699

Adjusted R-squared: 0.2697

F-statistic: 997.8 on 25 and 67466 DF, p-value: < 2.2e-16

6. Linear single-factor model for production y dependence on production factor x_5

The results of the application of the LSM to production factor x_5 are given in Table 14.

Table 14 – The results of the application of the LSM to production factor x_5

	Estimate	Std. error	t-value	Pr(> t)	
(Intercept)	4.979e+04	1.901e+03	26.20	<2e-16	***
x_5	4.689e+01	7.396e-	63.40	<2e-16	***

Source: Author

Residual standard error: 491,500 on 67,490 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.05621

Adjusted R-squared: 0.0562

F-statistic: 4020 on 1 and 67490 DF, p-value: < 2.2e-16

The single-factor model equation is estimated in the program R using the LSM. The resulting parameters are given in Table 15.

Table 15 – The resulting parameters of the production function for production factor x_5 according to the individual years in the reference period

	Estimate	Std. error	t-value	Pr(< t)	
(Intercept)	729390.6	99265.6	7.348	2.04e-13	***
x_5	-581.5	241.4	-2.409	0.015992	*
year_k[T.2003]	-670336.4	99527.0	-6.735	1.65e-11	***
year_k[T.2004]	-672406.0	99466.8	-6.760	1.39e-11	***
year_k[T.2005]	-671426.2	99431.8	-6.753	1.46e-11	***
year_k[T.2006]	-674466.9	99410.9	-6.785	1.17e-11	***
year_k[T.2007]	-682290.2	99389.5	-6.865	6.72e-12	***
year_k[T.2008]	-689796.7	99384.5	-6.941	3.94e-12	***
year_k[T.2009]	-687866.6	99379.9	-6.922	4.51e-12	***
year_k[T.2010]	-682673.9	99394.8	-6.868	6.55e-12	***
year_k[T.2011]	-711993.9	99978.3	-7.121	1.08e-12	***
x_5 : year_k[T.2003]	650.3	241.4	2.693	0.007075	**
x_5 : year_k[T.2004]	620.3	241.4	2.570	0.010185	*
x_5 : year_k[T.2005]	615.3	241.4	2.549	0.010807	*
x_5 : year_k[T.2006]	620.0	241.4	2.568	0.010217	*
x_5 : year_k[T.2007]	637.3	241.4	2.640	0.008293	**
x_5 : year_k[T.2008]	650.8	241.4	2.696	0.007016	**
x_5 : year_k[T.2009]	627.2	241.4	2.598	0.009370	**
x_5 : year_k[T.2010]	604.6	241.4	2.505	0.012265	*
x_5 : year_k[T.2011]	888.9	241.5	3.680	0.000233	***

Source: Author

Residual standard error: 486,400 on 67,472 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.07596 Adjusted R-squared: 0.0757

F-statistic: 291.9 on 19 and 67472 DF, p-value: < 2.2e-16

The results of the linear single-factor model for production y dependence on production factor x_5 and the regions are given in Table 16.

Table 16 – The resulting parameters of the production function for production factor x_5 according to the individual regions

	Estimate	Std. error	t-value	Pr(> t)	
(Intercept)	15315.416	7781.765	1.968	0.04906	*
x_5	213.256	12.011	17.756	< 2e-16	***
region[T.JMK]	10699.029	9355.929	1.144	0.25281	
region[T.KK]	2565.560	11365.226	0.226	0.82141	
region[T.KV]	9700.561	13138.837	0.738	0.46033	
region[T.KVK]	8093.617	15707.174	0.515	0.60636	
region[T.LK]	6384.239	12077.346	0.529	0.59708	

Table 16 (continued)

region[T.MK]	14345.605	9900.675	1.449	0.14736	
region[T.OK]	7443.801	12512.836	0.595	0.55192	
region[T.PHA]	61624.631	8639.664	7.133	9.94e-13	***
region[T.PK]	26911.970	9990.610	2.694	0.00707	**
region[T.SK]	10017.302	10203.453	0.982	0.32622	
region[T.UK]	18136.686	10431.187	1.739	0.08209	
region[T.ZK]	17687.625	11335.737	1.560	0.11868	
x_5 :region[T.JMK]	-25.694	12.694	-2.024	0.04297	*
x_5 :region[T.KK]	-102.818	17.683	-5.815	6.10e-09	***
x_5 :region[T.KV]	-49.488	22.262	-2.223	0.02622	*
x_5 :region[T.KVK]	-111.359	47.026	-2.368	0.01789	*
x_5 :region[T.LK]	-132.696	12.864	-10.315	< 2e-16	***
x_5 :region[T.MK]	-42.089	14.162	-2.972	0.00296	**
x_5 :region[T.OK]	6.939	21.838	0.318	0.75066	
x_5 :region[T.PHA]	-162.319	12.051	-13.469	< 2e-16	***
x_5 :region[T.PK]	-204.096	12.072	-16.906	< 2e-16	***
x_5 :region[T.SK]	-74.997	12.766	-5.874	4.26e-09	***
x_5 :region[T.UK]	-82.646	15.458	-5.346	9.00e-08	***
x_5 :region[T.ZK]	-95.747	17.291	-5.537	3.08e-08	***

Source: Author

Residual standard error: 479,500 on 67,466 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.1024

Adjusted R-squared: 0.102

F-statistic: 307.8 on 25 and 67466 DF, p-value: < 2.2e-16

Conclusion

The objective of the paper was to determine the production curves for the construction industry in the Czech Republic and in its individual regions. The objective was achieved. The result is a production function for the construction industry at a regional and national level.

A tool is now at our disposal which allows us to predict the development of the construction industry in the Czech Republic in the years to come. By continuing to predict the values for the coming years we can subsequently compare them with the actual results in the field. In so doing, we can determine the degree of accuracy of the predictions for production and the development of the construction industry over time, both at regional and national levels.

Стаття надійшла до редакції 26.02.2015

УДК 004.942

О.О. КРЯЖИЧ, О.В. КОВАЛЕНКО

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АЛГОРИТМІЧНОГО ТА РЕСУРСНОГО БАЛАНСУ ПРИ ВИРІШЕННІ СИТУАЦІЙНИХ ЗАДАЧ

***Анотація.** В роботі досліджена необхідність оптимізації програмних і апаратних засобів для забезпечення життєздатності інформаційних технологій. Наведено математичне обґрунтування балансового методу оптимізації. Методика оптимізації розглянута як для апаратних засобів, що задіяні в системі виконання одного завдання, так і на прикладі програми на мові Python.*

***Ключові слова:** життєздатність, оптимізація, алгоритм, баланс, час.*

Вступ

Важливе місце для підвищення життєздатності інформаційних технологій займають методи оптимізації їх програмних, апаратних і інформаційних засобів. Таке підвищення життєздатності може бути отримане на основі використання принципу балансу. Цей принцип є подальшим розвитком принципу узгодження пропускних здатностей різних частин системи, наведеного в роботі В.М. Глушкова [1], і принципу оптимізації обчислювальних засобів за критерієм частоти їх використання, наведеного в роботі Майерса [2]. Досягнення балансу складових частин інформаційної технології дозволяє не лише підвищити її продуктивність, але і раціональніше використовувати ресурси системи.

За сучасного розвитку засобів обчислювальної техніки питання раціонального використання ресурсів системи повинно було б відійти на другий план. Проте черговість виконання завдань при використанні кластерних обчислень, виконання операцій за допомогою хмарних технологій, використання Wi-Fi для роботи на відстані, підключення віддалених експертів та спеціалістів, що працюють на різній за характеристиками та технологіями обчислювальної техніці для вирішення окремих задач, знову підняли питання оптимізації.

Актуальність досліджуваної теми підтверджується також необхідністю запуску окремих, іноді – різноспрямованих алгоритмів, для вирішення задач ситуаційного управління. Так, наприклад, учасники антитерористичної операції потребували планшетів, обладнаних програмами, що дозволяють, з одного боку, отримувати дані з квадрокоптерів, знімки дистанційного зондування Землі, обробляти їх, а з іншого – передавати оброблені дані іншим фахівцям і службам з певним рівнем надійності до захисту даних та гарантованою можливістю зчитування цих даних на техніці, що є у тих фахівців. Такі ж самі задачі стоять і перед фахівцями Державної служби України з надзвичайних ситуацій, спеціалістами медицини катастроф та багатьма іншими.

Мета роботи – розглянути можливості забезпечення алгоритмічного та ресурсного балансу при вирішенні ситуаційних задач.

Завдання роботи:

- дослідити основну проблематику та особливості оптимізації алгоритмів та обчислювальних ресурсів для вирішення задач ситуаційного управління;
- представити балансовий метод як варіант оптимізації алгоритмів та наявних ресурсів для вирішення різноспрямованих задач;
- розглянути спрощений приклад, що демонструє роботу представленої методики.

Питання оптимізації алгоритмів та апаратних засобів не є новими – вони активно досліджуються як окремими вченими, так і організаціями, наприклад, Інститутом кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, з проведенням конференцій, симпозіумів, шкіл. Серед найбільш відомих вітчизняних дослідників за зазначеною тематикою можна назвати В.М. Глушкова [1], І.В. Сергієнка [3], закордонних – А. Ахо, Дж. Хопкрофта [4]. Активно розглядаються питання оптимізації алгоритмів в роботах В.Є. Снитюка [5], І.В. Стеценко [6], Г.С. Теслера [7] та ін.

Слід зазначити, що питання оптимізації алгоритмів при вирішенні ситуаційних задач з метою адаптації алгоритмів для використання на різних платформах та техніці з різними характеристиками раніше змістовно не розглядалося.

1. Проблематика дослідження та особливості оптимізації

Можливість підвищення життєздатності [8] інформаційної технології ґрунтується на тому, що частота використання команд, даних, адрес, операційних пристроїв, каналів зв'язку, місткостей пам'яті і т. д. розподілена по діапазону можливих значень у край нерівномірно. Тому реальна життєздатність інформаційної технології визначається найбільш вузьким місцем в системі, тобто, може бути описана за законом Амдала. Одним з підходів для виявлення «вузьких місць» в інформаційній технології та здійснення на цій основі оптимізації технічних, програмних і інших засобів являється використання критерію простого функціонального балансування різними ресурсами. Виявлення вузьких місць в системі означає знаходження ресурсів, обмеженість яких істотно впливає на ефективне використання інформаційної технології.

Ідейні викладки подібної оптимізації наведені ще фон Нейманом, який висловив наступне положення [9]: «Ми хотіли б ввести до машини у вигляді електронних схем тільки такі логічні структури, які або потрібні для функціонування повноцінної системи, або дуже зручні, оскільки часто використовуються». Для успішного виконання такої оптимізації потрібна детальна інформація про досліджувані процеси і параметри. Ця інформація може бути отримана двома способами: статичними або динамічними вимірами частоти цієї інформації, що найбільше зустрічається серед досліджуваних параметрів.

Результат аналізу цієї інформації дозволяє:

- перепланувати проходження завдання (для кращого завантаження наявних ресурсів, для керування черговістю вирішення задач при кластерних обчисленнях);

- визначити найбільш «вузькі місця» в інформаційній технології (для визначення її життєздатності, балансування за критеріями продуктивності і ресурсозберігання);
- визначити життєздатність інформаційної технології при різних варіантах конфігурації системи;
- оптимізувати конфігурацію обчислювальних засобів для конкретного застосування окремої інформаційної технології;
- визначити міру сумісності двох і більше процесів;
- організувати ефективне функціонування паралельно працюючих процесів;
- удосконалити існуючу систему команд шляхом введення нових команд і виключення рідко використовуваних;
- оптимізувати структуру полів команд (кодів операції, адрес, посилань на операнди, даних);
- оптимізувати архітектуру системи під певну інформаційну технологію;
- оптимізувати пропускну спроможність каналів зв'язку;
- оптимізувати надійність компонентів обчислювальної системи як єдиного цілого;
- оптимізувати кількість рівнів, об'єм і час обміну між різними рівнями і видами пам'яті;
- оптимізувати пропускну спроможність каналів зв'язку усередині і поза обчислювальною системою;
- оптимізувати організацію обчислювальних процесів.

Необхідно пам'ятати, що існує сильна кореляція між статичними і динамічними частотними характеристиками програм [9]. Це дозволяє вибрати в якості основи оптимізації цих статичних або динамічних вимірів і отримати при цьому вигоду відразу за двома критеріями – часовою або алгоритмічною складністю, наприклад, часу виконання програм і завантаження наявних ресурсів, на яких використовують інформаційну технологію. Скорочення часу виконання програм і об'єму займаної ними пам'яті на різних обчислювальних пристроях з різними операційними системами (персональному комп'ютері, ноутбукі або планшеті, що працюють відповідно на Linux, Windows та Android) можна добитися за рахунок введення в систему нових спеціальних команд для виконання функцій, що часто зустрічаються.

Ще одним підходом до підвищення життєздатності інформаційної технології є використання кодів змінної довжини, обернено пропорційній частоті кодів, що використовуються найчастіше (коди операції і інших параметрів команди). Такий підхід використовується в алгоритмах стискування інформації і використання змінного формату команд.

Критерій балансування ресурсами широко використовується в економіці і управлінні підприємствами [10] і виходить з положення, що доцільно усувати «вузькі місця» шляхом перерозподілу ресурсів. Так, виходячи з економічних і інших чинників, немає сенсу домагатися пікової продуктивності окремих груп пристроїв і пропускну спроможності каналів, якщо середні показники значно менше цього рівня. В цьому випадку більше виправдано здійснити перерозподіл ресурсів з метою підвищення не пікової, а середньої продуктивності системи на заданому класі завдань, що у підсумку забезпечить певний рівень надійності виконання завдань та життєздатність

інформаційної технології при значних коливаннях навантаження на пристрої та канали зв'язку.

Зазначені питання постають у наступній ситуації. Припустимо, відбувається вирішення надзвичайної ситуації, що виникла на небезпечному об'єкті. Задіяні різні за підпорядкуванням сили рятувальників, що оснащені різноманітною за характеристиками комп'ютерною та телекомунікаційною технікою. Координація відбувається з оперативного штабу, який оснащено сучасною технікою з використанням інформаційної технології для ситуаційного рішення поставлених задач. Оперативна система обчислювальної техніки штабу – Windows 7.0. Декілька віддалених фахівців, що забезпечують роботи баз даних, працюють під операційною системою Linux за допомогою швидкісного Інтернету. Оперативні групи рятувальників, командири яких оснащені бюджетними планшетами із системою Android, версіями 2.0 – 4.0, повинні отримувати оперативну інформацію через Wi-Fi про загальний стан небезпечного об'єкта, а також звертатися до баз даних для коригування власних дій в межах своєї, більш вузької задачі. Тож можна з високою долею вірогідності стверджувати, що один і той же алгоритм вирішення окремої задачі може виконуватися декілька мілісекунд на техніці, що розташована у штабі, і декілька хвилин, а то й десятків хвилин, на техніці командирів оперативних груп, що є неприпустимим при координації рятувальної операції у надзвичайних умовах. У зв'язку з зазначеним можна припустити, що одночасно слід не лише оптимізувати алгоритми виконання окремих задач, а й збалансувати взаємодію різної техніки за критерієм продуктивності.

2. Балансовий метод оптимізації

Розглянемо приклад використання критерію балансу при програмно-апаратній оптимізації для забезпечення життєздатності інформаційних технологій за умов максималізації навантаження на апаратну частину та засоби комунікацій у обмежений період часу.

Для цього введемо в розгляд оцінку продуктивності залежно від складності обчислень і числа операцій.

Позначимо через v_1, v_2, \dots, v_n – швидкодію операційних пристроїв, що реалізують різні види операцій $1, 2, \dots, n$, а через g_1, g_2, \dots, g_n – складність обчислень, що характеризується числом операцій типу $1, 2, \dots, n$, що виконуються при рішенні задачі. При цьому передбачається, що пристрої можуть працювати паралельно в часі. Тоді верхня оцінка максимальної продуктивності обчислювальних засобів системи буде визначена співвідношенням:

$$\lambda \leq \min(v_1/g_1, v_2/g_2, \dots, v_n/g_n). \quad (1)$$

Таким чином, найменш продуктивна на заданому класі завдань група v_i/g_i за законом Амдала і визначає реальну продуктивність всього програмно-апаратного комплексу, що задіяний під вирішення задачі. Виникає завдання оптимізації, яке ґрунтується на критерії балансу:

$$v_1/g_1 = v_2/g_2 = \dots = v_n/g_n, \quad (2)$$

або

$$\varphi_1(v_1/g_1) = \varphi_2(v_2/g_2) = \dots = \varphi_n(v_n/g_n). \quad (3)$$

Завдання оптимізації для алгоритму може бути вирішене за допомогою критерію балансу з використанням частот тих команд, що зустрічаються найчастіше.

Відповідно до операційного методу дослідження систем, усі вирішувані на обчислювальних машинах завдання розділяються на класи залежно від набору використовуваних операцій і частотної функції розподілу цих операцій [11]. Для визначення частотних функцій розподілу операцій цього класу завдань слід розглянути наступні вектори: типових операцій, характеристичний, частотний, еталонний частотний і еталонний часовий.

Визначимо ефективність обчислювального процесу при рішенні заданого класу завдань у вигляді наступної моделі:

$$B = \sum_{i=1}^n f_i t_i = \sum_{i=1}^n b_i, \quad (4)$$

де n – кількість досліджуваних алгоритмів;

t_i – середній час проходження i -го алгоритму в системі з декількох обчислювальних засобів;

f_i – частота зустрічі i -го алгоритму при вирішенні заданого класу завдань;

b_i – оцінка вкладу i -го алгоритму в ефективність обчислювального процесу.

З виразу (4) випливає $f_i = B/t_i$, тобто за інших рівних умов для підвищення ефективності обчислювального процесу в системі з декількох обчислювальних засобів слід прагнути до зменшення часу проходження алгоритму, який має максимальну частоту задіяння у процесі обчислень.

Але це вірно в основному для спеціалізованих інформаційних технологій, які націлені на вирішення конкретного класу завдань. У загальному випадку відповідно до принципу балансу слід ввести міру ефективності вибору і реалізації i -го алгоритму:

$$\mu_i = f_i t_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_i t_i = f_i t_i - B/n. \quad (5)$$

Величина μ_i показує вплив i -го алгоритму на середню ефективність системи обчислювальних засобів та опосередковано характеризує життєздатність інформаційної технології в цілому. Тож у цьому випадку для

детального опису життєздатності інформаційної технології доцільно разом з μ_i дослідити міру «рівномірності» ефективності обчислювального процесу на конкретному класі завдань, яка визначається величиною середнього квадратичного відхилення (зміщеного або незміщеного):

$$\sigma^n = \left(\sum_{i=1}^n (f_i t_i - B/n)^2 / n \right)^{1/2} = \left(\sum_{i=1}^n (f_i t_i - B/n)^2 / (n-1) \right)^{1/2} \quad (6)$$

разом з коефіцієнтом «рівномірності» ефективності $\psi = \sigma n / B$.

На основі цих критеріїв можна порівнювати як окремі обчислювальні засоби, так і оцінювати їх самостійно за критерієм проходження конкретного алгоритму при вирішенні задач на цих обчислювальних засобах.

Аналогічно наведеному вище можна оптимізувати і інші параметри (ресурси) обчислювальних засобів, що призначені для виконання задач за допомогою певної інформаційної технології.

Приймемо, що $q_i = F(t_i)$ – залежність між апаратними витратами і швидкодією i -го алгоритму. В цьому випадку похідна $\partial q_i / \partial t_i$ визначає крутизну цієї залежності. Введемо в розгляд коефіцієнт вирівнювання ефективності обчислювального засобу для i -го алгоритму (блоку алгоритму):

$$\theta_i = \mu_i / \frac{\partial q_i}{\partial t_i} \quad (7)$$

Якщо функція $q_i = F(t_i)$ розподілена за експоненціальним законом, то

$$\theta = \mu_i e^{-\lambda_i t_i} / \lambda_i Q_i \quad (8)$$

де Q_i – константа витрат, тобто, $q_i = Q_i e^{-\lambda_i t_i}$, оптимізаційний процес доцільно почати з максимального Q_i .

Розглянемо процес оптимізації групи стандартних алгоритмів. Серед цієї групи можна виділити базисні операції – алгоритми, які не містять інших частин, наприклад, арифметичні операції. Можна вважати, що ця група базисних операцій реалізована оптимально і може виступити основою для оптимізації інших алгоритмів за критерієм балансу. Таким чином, маємо два вектори: базисних операцій $O = O(O_1, O_2, \dots, O_n)$ і стандартних алгоритмів $\Phi = \Phi(\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n)$ з частотами тієї складової алгоритму, що зустрічається найчастіше $f_i, i=1, 1+n$.

Тоді внесок групи стандартних алгоритмів в загальну ефективність обчислювального процесу складає

$$B_{ca} = \sum_{i=1}^n f_i t_i \quad (9)$$

а внесок базисних операцій

$$B_o = \sum_{i=1}^l f_{i+n} t_{i+n}, \quad (10)$$

де t_i – середній час виконання алгоритму або операції.

Згідно з критерієм рівномірної ефективності (балансу) вклади в загальну ефективність усіх алгоритмів мають бути рівні. У представленому випадку $B_{ca}/n = B_o/n$, отже, орієнтовна ефективність для групи стандартних алгоритмів може бути представлена наступним чином:

$$\overline{B_{ca}} = B_o / f_i l, \quad i = \overline{1, n}. \quad (11)$$

Природна вимога задовольняти критерію балансу окремих алгоритмів і усередині групи алгоритмів, що оптимізується, може бути реалізована шляхом задоволення умови

$$\forall (f_i t_i = f_j t_j, \quad i, j = \overline{1, n}). \quad (12)$$

Враховуючи B_{ca} і моделі (4) та (12), можна визначити орієнтовний час виконання стандартних алгоритмів

$$\overline{t_i} = B_o / f_i m, \quad i = \overline{1, n}. \quad (13)$$

З урахуванням часу t_i можна обчислити величини θ_i, μ_i і досягти мінімізації θ_1 , що набуває досить великих значень з метою наближення до мінімального значення коефіцієнта балансу ψ .

Поява від'ємних θ_i показує, що є можливість зменшити швидкість реалізації i -го алгоритму на окремих обчислювальних засобах і забезпечити на цій основі перерозподіл ресурсів для рівного доступу до виконання обчислювальних завдань.

У загальному випадку залежність (5) може бути складнішою

$$\forall (\varphi_i(f_i t_i) = \varphi_j(f_j t_j), \quad i, j = \overline{1, n}) \quad (14)$$

де φ_i – функціональні залежності, що відбивають закономірні зв'язки між групами параметрів алгоритмів, технічних засобів і т. ін.

Для отримання стійких оцінок у виразах (5) і (6) можна використовувати медіанні оцінки. В цьому випадку

$$\overline{\mu_i} = f_i t_i - \text{med} U_i, \quad \sigma_i = \text{med} |U_i - \text{med} U_i| / A \quad (15)$$

де A – константа, що відповідає заданому закону розподілу.

В якості максимальної ефективності системи команд щодо реалізації алгоритмів на різних обчислювальних засобах може служити рівність середньої вірогідності правильного виконання команд для усієї сукупності команд конкретної обраної мови програмування, записана у вигляді:

$$A(P_i = P_j, \overline{i, j=1, r}), \text{ тобто, } A(\lambda_i m_i t_i = \lambda_j m_j t_j, \quad i, j = \overline{1, r}). \quad (16)$$

де t_i – час реалізації i -ої команди; λ_i – інтенсивність відмов окремих обчислювальних засобів, що реалізують i -у команду; m_i – середня частота використання i -ої команди в програмах даного класу завдань; P_i – середня вірогідність безвідмовної роботи обчислювальних засобів, що реалізують i -ту команду; r – потужність системи команд, тобто сукупність типів команд.

Застосування запропонованої методики можна проілюструвати на прикладі розподілу інформаційних навантажень в межах персонального комп'ютера між рівнями інтерпретації мови програмування.

Питання про організацію структури рівнів пристрою управління і зв'язків між рівнями дуже важливе, оскільки воно значною мірою визначає ефективність обчислювального процесу і вартість пристрою управління. Необхідно знайти розумну відповідність між інформаційними об'ємами матриць пам'яті, що реалізують рівні управління, швидкодією цих матриць і частотою звернення до них.

Припустимо, в досліджуваному комп'ютері є n взаємодіючих блоків S_i , $i=1, n$ з часом звернення до них відповідно τ_i . В результаті аналізу роботи цих блоків при проходженні через комп'ютер потоку завдань можна визначити частоти f_i звернення до цих блоків. Тоді загальний ефективний час машини складе:

$$t_{Ei} = \sum_{i=1}^n f_i \tau_i = \sum_{i=1}^n t_{\text{Э}i}, \quad (17)$$

де t_{Ei} – ефективний час роботи i -го блоку.

Оцінимо вклад кожного блоку i в ефективність обчислювального процесу:

$$P_i = t_{Ei} / t_E = f_i \tau_i / \sum_{j=1}^n f_j \tau_j. \quad (18)$$

Природно, необхідно враховувати швидкодію того блоку, який має максимальну величину P_j , оскільки в цьому випадку витрати вкладені найефективніше. Отже, комп'ютер буде в деякому розумінні якнайкраще спроектований при рівних величинах P_i блоків, тобто, коли час звернення до блоків розподілений обернено пропорційно до частоти звернення до них.

Аналіз роботи операторного і мікрокомандного рівнів пристроїв управління обчислювальної техніки, яка широко застосовується в Україні, вказує на те, що частота звернення до матриці пам'яті оперативного рівня (f_0) може бути приблизно в 8 – 10 разів менше частоти звернення до матриці нижнього рівня, тобто $f_m = 10f_0$. Тоді загальний ефективний час роботи обчислювальної техніки складатиме:

$$t_E = f_0\tau_0 + f_m\tau_m + \Delta t_E, \quad (19)$$

де Δt_E – ефективний час роботи інших блоків машини.

Підставивши $f_m = 10f_0$ в рівняння (19), отримаємо:

$$t_E = f_0\tau_0 + 10f_0\tau_m + \Delta t_E. \quad (20)$$

Реалізована на мові Python програма-приклад з формування рядка-поліндрома показує різницю у часі для виконання завдань навіть за умов використання сучасної обчислювальної техніки (рис. 1).

<pre>1 import sys 2 ryadok = sys.argv[1] 3 ryadok = ryadok.replace(" ", "") 4 ryadok = ryadok.lower () 5 L = len (ryadok) 6 i = 0 7 for bukva in ryadok: 8 if ryadok [0] == ryadok [L-1]: 9 i = i+1 10 if i == L: 11 print 'YES' 12 else: 13 print 'NOT' 14 15</pre>	<pre>1 import sys 2 s = sys.argv[1] 3 flag = True 4 s_cleaned = s.lower().replace(' ', '') 5 # збережемо довжину рядка (оптимізація) 6 s_length = len(s_cleaned) 7 d == s_cleaned[::-1] 8 for i in range(s_length / 2): 9 if s_cleaned[i] != s_cleaned[s_length-1-i]: 10 flag = False 11 12 if flag: 13 print 'YES' 14 else: 15 print 'NO'</pre>
--	--

а) час виконання 26 сек.

б) час виконання 5 сек.

Рисунок 1 – Приклад програми з неоптимізованим (а) та оптимізованим (б) алгоритмом

Тобто, якщо в роботі використовується сучасний комп'ютер і час звернення до матриці пам'яті усіх рівнів управління однаковий, то з наведеного рівняння (20) видно, що, зменшивши удвічі час звернення до мікропрограмної матриці, можна підвищити ефективність роботи окремого обчислювального засобу в 5 разів в порівнянні із зміною швидкодії матриці.

Висновки

В роботі наведено один з аспектів забезпечення життєздатності інформаційної технології. Він не є базисним, але є змістовним – від найслабшої ланки апаратних засобів, що працює в рамках виконання завдань за конкретною подією, залежить вірогідність ефективного виконання всієї роботи.

Представлена методика дозволяє знаходити «вузькі місця» при застосуванні різної за характеристиками техніки та на основі балансового методу перерозподіляти апаратні ресурси та оптимізувати відповідно програмні засоби з метою підвищення життєздатності інформаційної технології при реалізації конкретних завдань. Описаний спосіб розподілу інформаційних навантажень між рівнями інтерпретації дозволяє оптимізувати набір технічних засобів та алгоритми, що задіяні для виконання завдань, для забезпечення необхідної швидкодії. Слід зазначити, що при виборі швидкодії окремих засобів обчислювальної техніки, що буде задіяна у обробці інформації для виконання конкретних завдань, можна враховувати також вартість вкладених витрат і отримувану економію при зміні швидкодії на основі вимог до ціни і швидкості обчислення для усієї системи. В якості критерію можна використовувати ціну швидкодії обчислювальної машини $\delta = \kappa \Delta T / \Delta C$, де κ – ваговий коефіцієнт, ΔT і ΔC – приріст швидкодії і вартості відповідно.

Наведений у статті аналіз може бути виконаний для різних ієрархій пам'яті (жорсткі диски, флеш-пам'ять, кеш-пам'ять і т. ін.).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Глушков В.М. Кибернетика. Вопросы теории и практики – М.: Наука, 1986. – 488с.
2. Майерс С. Эффективное использование C++. 55 верных советов улучшить структуру и код ваших программ. – М.: ДМК-Пресс, 2006. – 300 с.
3. Сергієнко І.В. Елементи загальної теорії оптимальних алгоритмів та суміжні питання / І.В. Сергієнко, В.К. Задірака, О.М. Литвин; Нац. акад. наук України, Ін-т кібернетики ім. В.М. Глушкова. – К. : Наукова думка, 2012. – 404 с.
4. Ахо А., Хопкрофт Дж., Ульман Дж. Построение и анализ вычислительных алгоритмов. - М.: Мир, 1979. – 536 с.
5. Снитюк В.Е., Быченко А.А., Джулай А.Н. Эволюционные технологии принятия решений при пожаротушении. – Черкассы, Маклаут, 2008. – 268 с.
6. Стеценко І.В. Моделювання систем: навч. посіб. [Текст] / І.В. Стеценко; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. Ун-т. – Черкаси: ЧДТУ, 2010. – 399 с.
7. Теслер Г.С. Концепция построения гарантоспособных вычислительных систем / Г.С. Теслер // Математичні машини і системи. – 2006. – № 1. – С. 134–145.
8. Кряжич О.О. Забезпечення життєздатності інформаційних технологій управління техногенною безпекою при їх адаптації // Математичне моделювання в економіці. – 2014. – № 1. – С. 33–39.
9. Нейман Дж. Теория самовоспроизводящихся автоматов. – М.: Мир, 1971. – 384 с.
10. Ведута Н.И. Экономическая кибернетика. Очерки по вопросам теории. Минск: Наука и техника, 1971. – 318 с.
11. Довгий С.О., Бідюк П.І., Трофимчук О.М., Савенков О.І. Методи прогнозування в системах підтримки прийняття рішень. – К.: Азимут-Україна, 2011. – 608 с.

Стаття надійшла до редакції 09.02.2015

МАТЕМАТИЧНІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ В ЕКОНОМІЦІ

УДК: 338.532.64 + 330.362 + 303.725.33

С.М. ШВЕЦЬ

МОДЕЛЮВАННЯ ІНФЛЯЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ В УКРАЇНІ

***Анотація.** На основі наведених у статті результатів багатofакторного регресійного моделювання інфляційних процесів в Україні з використанням квартальних рядів динаміки визначено фактори впливу на зміну ІСЦ протягом 2005–2014 рр., а саме: грошовий агрегат M2, обсяг внутрішнього державного боргу в частині цінних паперів і значення курсу обміну гривні до долара США. Аналіз результатів моделювання дав можливість обґрунтувати наявність надмірного інфляційного тиску, який мав місце після кризового періоду 2008–2009 рр. і продовжувався до кінця 2013 р. Подальше зростання бюджетного дисбалансу у 2014 р. в умовах сповільнення економічної динаміки поряд із стрімкими темпами знецінення гривні стали провідними факторами формування висхідного інфляційного тренду в Україні.*

***Ключові слова:** інфляція, регресійний аналіз, моделювання, короткострокове прогнозування.*

Вступ

Стрімке зростання інфляції в Україні протягом 2014 р. (19% за 10 місяців 2014 р. у порівнянні з 0,5% у 2013 р.) стало одним з негативних факторів сповільнення економічної динаміки (-1,1% спаду ВВП у першому кварталі, -4,7% – у другому та -5,1% – у третьому кварталі 2014 р. по відношенню до аналогічного періоду попереднього року). За попередніми оцінками Уряду України річні темпи інфляції споживчих цін у розрахунку грудень до грудня складуть не менше 19,5% (див. Закон України «Про внесення змін до Закону України «Про Державний бюджет України на 2014 рік» № 1622-VII від 31.07.2014). Такий розвиток подій у разі продовження розкручування інфляційної спіралі є суттєвою загрозою на шляху до макроекономічної стабілізації у коротко- і, навіть, середньостроковій перспективі й потребує вивчення причин та наслідків формування висхідного інфляційного тренду в Україні.

1. Проблематика дослідження

Дослідженням проблемних питань, пов'язаних з вивченням інфляції, займаються як провідні зарубіжні, так і вітчизняні фахівці. Теоретичну основу вивчення явища «інфляція» становлять роботи таких видатних класиків економічної науки, як Дж. Кейнса, А. Маршалла, А. Пігу, Д. Рікардо, І. Фішера, Д. Юма тощо. Серед зарубіжних науковців, поле наукових інтересів яких охоплює тематику розробки та впровадження ефективних засад антиінфляційної політики, слід виділити: Ф. Мишкіна, Г. Глена, Р. Дорнбуша, К. Макконелла та С. Брю, Г. Манківа, Дж. Сакса, П. Самуельсона та В. Нордхауса. Серед вітчизняних фахівців у сфері дослідження інфляції, насамперед, привертають на себе увагу роботи А. Гальчинського, В. Гейця, А. Гриценка, О. Петрика, С. Корабліна, Т. Кричевської, А. Савченка, В. Литвицького, О. Бреславської, В. Діденко та інших відомих учених.

Інфляційна тематика є однією з головних при визначенні макроекономічних засад розвитку країни та розробці економічної політики стратегічного і тактичного спрямування. Враховуючи той факт, що цінові параметри є основою для формування багатьох економічних показників, інфляційна складова є обов'язковим елементом ключових тотожностей та/або вихідних даних моделювання та прогнозування на макро- й мікрорівнях. Серед найбільш поширених впливових факторів інфляції, які стали результатом розвитку теоретичних засад класиків і монетаристів, варто виділити такі: пропозиція грошей; державний борг; випереджувальне зростання сукупного попиту (англ.: demand-pull inflation); збільшення виробничих витрат (англ.: cost-push inflation) та валютний курс [1, с. 782–794].

Сучасні дослідження інфляції у розрізі вищенаведених факторів на статистичних даних країн, що розвиваються, вказують на істотний вплив зміни значення валютного курсу, у той час як інші чинники доволі різняться за характером формування інфляційної динаміки в залежності від особливостей розвитку окремої країни та терміну, у межах якого проводиться аналіз. Так, проведений емпіричний аналіз на панельних даних групи окремих країн, що розвиваються, показав, що у короткостроковій перспективі зростання обсягу пропозиції грошової маси має вагомий вплив на інфляцію тільки в Єгипті й Туреччині, а нарощення державного боргу додає невизначеності й підвищує рівень цін в Ірані [2, с. 27–37].

Для країн із ринками, що формуються, характерним є домінування у короткостроковому вимірі факторів, що не мають монетарного походження й вносять суттєві розбіжності у механізми впливу на інфляцію з боку чинників, які відповідають за формування попиту на гроші, у той час як зміна пропозиції грошей залишається пасивним елементом визначення причинно-наслідкового зв'язку між вказаними змінними. Вклад валютного курсу в інфляційні процеси є вищим у разі збільшення рівня відкритості економіки країни та запровадження режиму вільного курсоутворення. Тому більшість емерджентних економік притримуються режиму плавання у певних межах з метою послаблення впливу таких інфляційних чинників, як валютний курс і державний борг [3, с. 14–15].

Дослідження, проведені на предмет оцінки впливу зростання обсягу державного боргу на інфляцію у межах короткострокової часової

перспективи, вказують на збільшення коефіцієнта еластичності зазначених показників для країн, що розвиваються, разом із зростанням боргових зобов'язань. Рівень впливу нарощення державного боргу на зростання цін для таких країн є тим вищим, чим більшим є показник обсягу боргових зобов'язань як частка від ВВП [4, с. 22–23].

Вивчення інфляційної тематики в Україні характеризується домінуванням розвитку теоретичних концепцій поряд із поодинокими розробками, які базуються на використанні економетричного інструментарію. Дослідження, проведене за допомогою побудови багатофакторних регресій на доказовій базі квартальних рядів динаміки 2001–2010 рр., дало можливість встановити найбільш впливові фактори інфляції, серед яких варто виділити грошову масу, видатки бюджету, валютний курс і зовнішній державний борг. При цьому вплив грошової маси на інфляцію проявляється через адресне спрямування грошових потоків, які складають основу трансмісійного механізму впливу визначених факторів на рівень цін в економіці України [5].

2. Визначення факторів впливу на інфляційну динаміку в Україні

Український сценарій зростання цін з набуттям ознак галопуючої інфляції у 2014 р. містить характерні особливості прояву визначеного явища. До найбільш виразних із них слід віднести: знецінення гривні та здорожчання імпорту, скорочення обсягів виробництва, політичну складову, військовий конфлікт на сході країни, відтік депозитів та загострення боргової проблеми. Перелічені фактори певним чином пов'язані між собою, що створює широке аналітичне поле для дослідження причин та наслідків прискорення інфляційних процесів в Україні у 2014 р. У даному контексті автором пропонується провести аналіз формування інфляційних процесів у розрізі тематики бюджетного дисбалансу, як одного з вагомих чинників утворення цінових шоків у короткостроковій перспективі вивчення питання.

Серед найбільш виразних факторів прискорення інфляційних процесів, насамперед, привертають до себе увагу темпи знецінення гривні. Так, за підсумками 10 місяців 2014 р. темпи девальвації національної грошової одиниці по відношенню до долара США склали близько 62%. У даному випадку канали впливу знецінення гривні на здорожчання споживчих товарів в Україні включають:

- зростання вартості імпортованих сировини і матеріалів, у тому числі енергетичних, що негативно позначається на обсягах випуску вітчизняних товаровиробників (питома вага імпорту товарів і послуг у ВВП у другому кварталі 2014 р. склала 41,95%);

- зменшення купівельної спроможності населення (імпортна складова роздрібного товарообороту у 2013 р. сягнула позначки 43%);

- відтік банківських вкладів (приріст депозитів резидентів, залучених депозитними корпораціями (крім НБУ), розміщених на строк від одного року і більше, до попереднього періоду у 2012 році склав 22,3%, у 2013 р. – 38,4%, у той час як за підсумками дев'яти місяців 2014 р. зафіксовано спад аналогічного показника на рівні -16,5%), що призводить до збільшення пропозиції готівкової маси на споживчому ринку;

- перегляд інфляційних очікувань у бік більш песимістичного сценарію розвитку подій.

Високі темпи знецінення гривні й інфляції споживчих цін негативно вплинули на формування динаміки ВВП (-1,1% спаду ВВП у першому кварталі, -4,7% – у другому та -5,1% – у третьому кварталі 2014 р. по відношенню до аналогічного періоду попереднього року). Скорочення обсягів виробництва об'єктивно звужує базу оподаткування, що призводить до скорочення бюджетних надходжень. Розширення фіскального дисбалансу спонукає Уряд України до перегляду планових орієнтирів фінансування дефіциту бюджету шляхом запозичень коштів переважно на внутрішньому ринку капіталу (див. закони України «Про внесення змін до Закону України «Про Державний бюджет України на 2014 рік» №1165-VII від 27.03.2014 р. та «Про внесення змін до Закону України «Про Державний бюджет України на 2014 рік» № 1622-VII від 31.07.2014).

Якщо у 2012 р. по відношенню до попереднього періоду державні внутрішні боргові зобов'язання зросли на 17,9%, а у 2013 р. – на 35,0%, то тільки за підсумками дев'яти місяців 2014 р. аналогічний показник зафіксовано на рівні 52,5%. Основним джерелом державних внутрішніх запозичень в Україні, які використовуються для фінансування дефіциту бюджету, служить розміщення на фондовому ринку облігацій внутрішньої державної позики (ОВДП). Зрозуміло, що головним покупцем ОВДП в умовах підвищених ризиків платоспроможності внаслідок стрімких темпів зростання обсягу боргових зобов'язань держави виступає НБУ. Як показує світова практика, придбання центральними банками країн, що розвиваються, державних цінних паперів, зазвичай, відбувається за рахунок грошової емісії. Тому такі операції ймовірно виступають у ролі фактора інфляції.

Підтвердженням зазначеного зауваження є існування, починаючи з третього кварталу 2009 року, тісного статистичного зв'язку між динамікою грошового агрегату M2 і обсягом внутрішнього державного боргу в частині цінних паперів (рис. 1). Цей факт наочно підкреслює вплив боргового чинника на формування пропозиції грошей в економіці України через канал фінансування дефіциту бюджету.

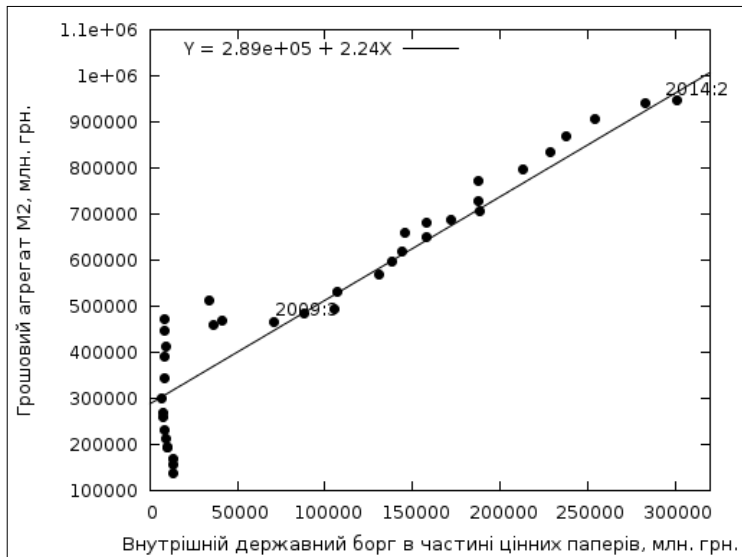


Рисунок 1 – Залежність грошового агрегату M2 від обсягу внутрішнього державного боргу України в частині цінних паперів

3. Математичне моделювання інфляційної динаміки

З метою визначення впливових чинників прискорення інфляції в Україні автором змодельовано багатофакторну регресію зміни індексу споживчих цін (ІСЦ). Статистичні дані охоплюють квартальні ряди динаміки макрозмінних на ретроспективному періоді 2005–2014 рр. Результати моделювання, проведеного з використанням прикладного економетричного пакету GRETЛ, представлено у рівнянні (1).

$$\begin{aligned} \ln(\Delta \text{CPI}_{\text{Index}}) = & 0,377 \ln(\Delta \text{M2}(-1)) + \\ & + 0,045 \ln(\Delta \text{DebtBond}_{\text{Internal}}(-2)) + 0,128 \ln(\Delta \text{Exch}_{\text{Rate}}) \end{aligned} \quad (1)$$

$R^2 = 0,71$; $F(3 \div 33) = 27,26$; S.E. of regression = 0,02; DW = 1,77

де: $\Delta \text{CPI}_{\text{Index}}$ – відношення ІСЦ до попереднього періоду (база ІV квартал 2004 року);

$\Delta \text{M2}(-1)$ – відношення обсягу грошового агрегату М2 у цінах поточного періоду із лагом один квартал до попереднього періоду;

$\Delta \text{DebtBond}_{\text{Internal}}(-2)$ – відношення обсягу внутрішнього державного боргу України у частині цінних паперів у цінах поточного періоду із лагом два квартали до попереднього періоду;

$\Delta \text{Exch}_{\text{Rate}}$ – відношення значення курсу обміну гривні до долара США (номінальний, середньозважений за період) до попереднього періоду;

у дужках подано значення t-статистики.

Економетричні характеристики регресії (1) є статистично значущими з огляду на значення коефіцієнтів t-статистики. Мультиколінеарність і гетероскедастичність також відсутні (див. характеристики F і DW).

Результати моделювання зміни ІСЦ вказують на виражену боргову природу формування інфляції в Україні у досліджений період. Зміна обсягу внутрішнього державного боргу в частині цінних паперів із лагом запізнення два квартали вносить вклад у зміну грошового агрегату М2 із лагом запізнення один квартал, який разом із зміною значення валютного курсу у поточному кварталі на 70% визначають темпи зміни ІСЦ.

Слід зауважити, що, крім визначених вище показників, на рівень цін впливають й інші фактори, зокрема: зміна сукупного попиту, виробничих витрат, індексу цін виробників промислової продукції. Проте вивчення впливу згаданих факторів на процес формування інфляційної динаміки потребує окремого розгорнутого дослідження, чого неможливо відобразити в рамках однієї статті. Проблематика взаємовпливу податково-бюджетної і грошово-кредитної політики і рівня цін тісно переплітається з розвитком теоретичної концепції фіскальної теорії рівня цін (англ. – *fiscal theory of the price level determination*), започаткованої у кінці минулого століття. Тому було прийнято рішення обмежити коло потенційних чинників формування інфляційної динаміки макрозмінними розвитку монетарного і бюджетного секторів економіки України.

Причинно-наслідковий зв'язок між зміною внутрішнього державного боргу в частині цінних паперів і агрегату М2 має такий алгоритм. Розміщення ОВДП на первинному ринку відбувається за рахунок коштів комерційних банків та грошової емісії НБУ. Використання отриманих коштів

Міністерством фінансів України йде на покриття дефіциту бюджету, якщо більш детально, то на покриття соціальних виплат, які складають переважну частину видатків (питома вага капітальних видатків Державного бюджету України склала у 2013 році близько 5,8% [6]). Отримана населенням готівка внаслідок низки депозитно-кредитних операцій стає джерелом розширення грошового агрегату M2, що призводить до прискорення інфляційних процесів.

4. Аналіз результатів моделювання

Аналіз коефіцієнтів еластичності зміни ІСЦ по відношенню до зміни незалежних факторів моделі (1) вказує на те, що найбільший вплив (близько 38%) має показник зміни грошової маси M2. Надалі у порядку зниження рейтингу впливу йдуть показники зміни значення курсу обміну до гривні США (близько 13%) і зміни обсягу внутрішнього державного боргу в частині цінних паперів (близько 5%). Якщо припустити, що емісія гривні в Україні відбувається тільки при розрахунках за ОВДП, то, з урахуванням ефекту мультиплікатора, 5% емісії призводять до 38% розширення пропозиції грошей. Тобто сила впливу операцій з фінансування дефіциту бюджету на пропозицію грошей в економіці України перевищує 7,5 рази.

При стрімкому розкручуванні спіралі державних внутрішніх запозичень, ризики неповернення боргів значно послаблюють мотивацію укладання угод купівлі-продажу ОВДП навіть попри цілеспрямоване збільшення привабливості такого боргового інструмента для банківських установ. Ефективним важелем підвищення зацікавленості фінансових посередників щодо прийняття позитивного рішення в частині придбання державних цінних паперів є доступ до джерела рефінансування. В умовах відтоку банківських вкладів під впливом курсової нестабільності та зростання ризиків, природа яких є не лише економічна, аргумент рефінансування набуває більшої вагомості, оскільки передбачає отримання комерційними банками дешевого грошового ресурсу для підтримки ліквідності (приріст депозитів резидентів, залучених депозитними корпораціями (крім НБУ), розмічених на строк від одного року і більше, до попереднього періоду у 2012 році склав 22,3%, у 2013 р. – 38,4%, у той час як за підсумками дев'яти місяців 2014 р. зафіксовано спад аналогічного показника на рівні -16,5%).

Визначена схема надання позик кредитором останньої інстанції полягає у відкритті доступу до джерела рефінансування лише для обмеженої кількості комерційних фінансових установ, які є «наближеними до держави», за умови викупу ОВДП, що у даному випадку виступають предметом застави. Викладені зауваження вказують на існування в українському банківському секторі «привілейованих» фінансових посередників, які виконують роль «грошового трансмісійного тунелю», що забезпечує перекачування емісійної гривні до держказначейства для згладжування сплесків фіскального розриву.

З одного боку, рефінансування під заставу попередньо викуплених ОВДП дає можливість утримувати пропозицію грошової маси в економіці у помірковано жорстких межах. З другого боку, вказаний інструмент звужує доступ суб'єктів господарювання до позичкового капіталу на загальних умовах. Як результат, суттєвого інфляційного тиску на гривню такі операції рефінансування не створюють, призводячи лише до зростання процентних

ставок, що посилює відсоткові ризики банківської системи. Як видно з рис. 2, відношення залишків коштів за кредитами, виданими депозитними корпораціями, до обсягу їх вимог в частині цінних паперів до центральних органів державного управління протягом 2010–2013 рр. знизилося майже у два рази і досягло рівня грошового мультиплікатора (прийнято показник M2/MB). Після кризового періоду 2008–2009 рр. амплітуда коливань зміни ІСЦ до попереднього кварталу у країні поступово зменшувалася і досягла свого мінімального значення на рівні близько нуля відсотків станом на середину 2012 р. (рис. 2).

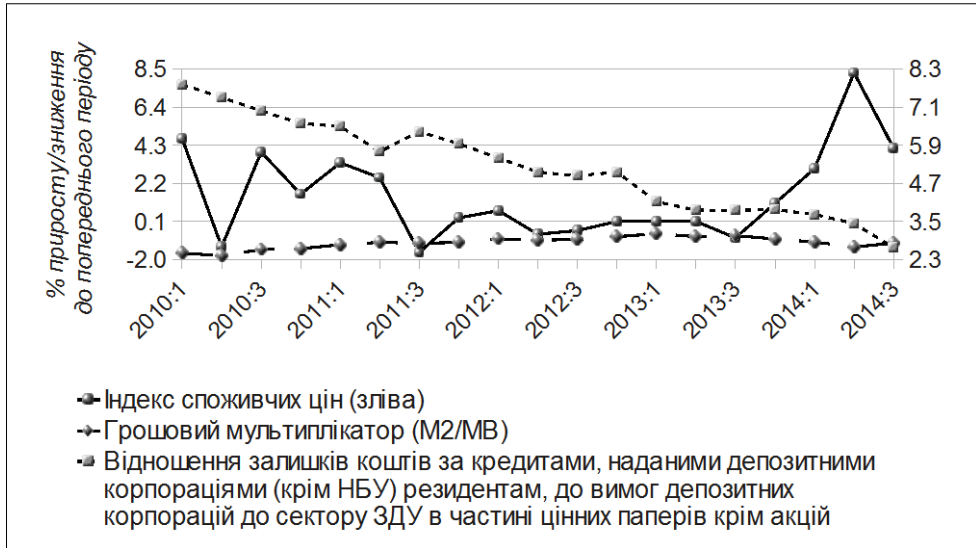


Рисунок 2 – Порівняльна характеристика зміни ІСЦ у порівнянні з динамікою грошового мультиплікатора і відношення залишків коштів за кредитами, виданими депозитними корпораціями, до обсягу їх вимог в частині цінних паперів до центральних органів державного управління

З результатів вищенаведеного аналізу можна припустити, що зазначений механізм адміністративно керованого звуження амплітуди інфляційних коливань протягом 2010–2013 рр. з відповідним зменшенням темпів інфляції було застосовано з метою послаблення дії надмірного інфляційного тиску, який став результатом зростання економічно необґрунтованого рівня державних витрат, що призвело до збільшення дефіциту бюджету (-1,8% ВВП у 2011 р., -3,8% ВВП – у 2012 р. і -4,4% ВВП – у 2013 р.). За визначених умов, для уповільнення інфляційних процесів в економіці України необхідно було провести корегування бюджетно-податкової політики на предмет вжиття заходів щодо скорочення бюджетних витрат. Натомість, вказані заходи не було застосовано належним чином, а основні зусилля було зосереджено на стримуванні інфляції шляхом використання штучних обмежень і дозволів на ринку грошей. Використання заходів адміністративного контролю за рівнем цін в економіці України наразі виявилось лише відтермінуванням вирішення проблеми зростання дефіциту бюджету, яка стала «бомбою уповільненої дії», каталізатором вибуху якої стало стрімке знецінення гривні з початку 2014 р. Для підтвердження цих

зауважень було проведено тест на стабільність регресії (1), який в економетриці носить назву CUSUM (англ.: cumulative sum control test for stability of parameters). Результати тесту наведено на рис. 3.

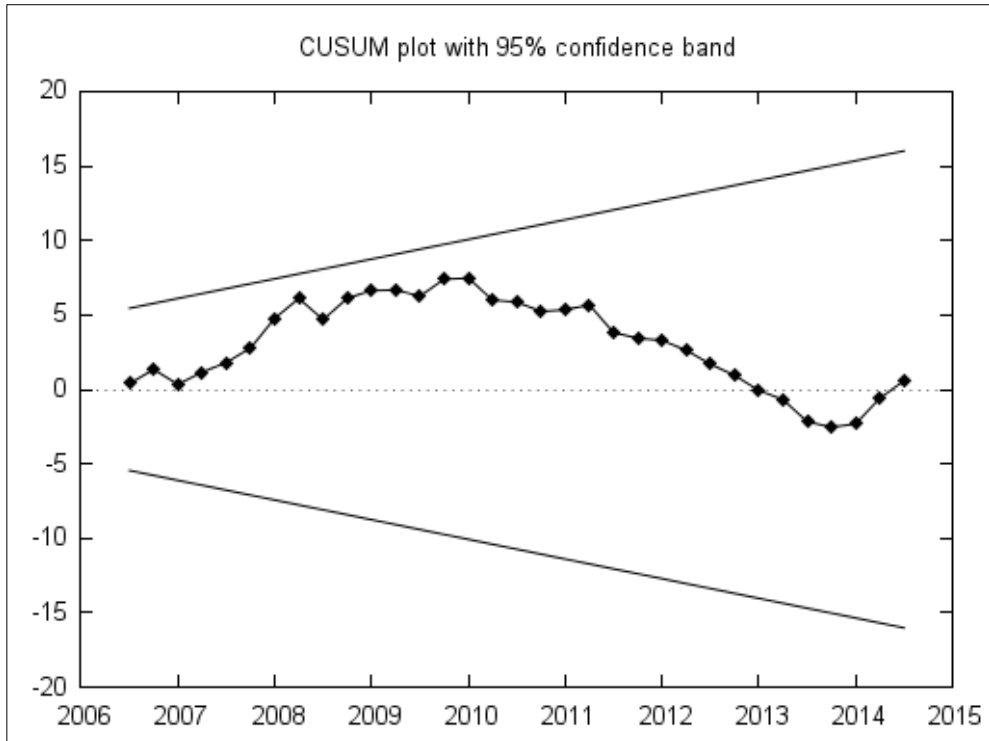


Рисунок 3 – Результати CUSUM тесту на стабільність регресії (1)

Як видно з рис. 3, з 2008 по 2013 рр. розрахункові значення зміни ІСЦ відрізнялися від фактичних у позитивний бік, з максимізацією у 2010 р. З 70% достовірністю (1) інфляція споживчих цін в Україні протягом 2008–2013 рр. мала бути більшою від статистичних даних, зафіксованих службою статистики. Нехтування такою розбіжністю, за умови зволікання з вирішенням проблеми зростаючого фіскального розриву, рано чи пізно мало датися взнаки шляхом неконтрольованого зростання споживчих цін, що й відбулося у 2014 р.

Висновки

Дослідження причин та наслідків формування інфляційних процесів в Україні шляхом використання багатофакторного регресійного апарату показало виразне домінування серед чинників впливу на зміну ІСЦ обсягів фінансування дефіциту бюджету за рахунок запозичень на внутрішньому ринку капіталу. Нарощування внутрішнього державного боргу відбувається переважно шляхом розміщення на первинному ринку ОВДП. Використання зазначеного боргового інструмента як фінансового джерела покриття поточних видатків бюджету призводить до розширення пропозиції грошової маси, яка, у свою чергу, є одним із чинників інфляції. Аналіз результатів

побудови багатофакторної регресії розрахунку зміни ІСЦ дав можливість обґрунтувати існування надмірного інфляційного тиску, який мав місце після кризового періоду 2008–2009 рр. і продовжувався до кінця 2013 р. Зростання бюджетного дисбалансу в умовах сповільнення економічної динаміки поряд із стрімкими темпами знецінення національної грошової одиниці в Україні стали провідними факторами формування висхідного інфляційного тренду у 2014 р. Подальші дослідження з обраної тематики слід зосередити на детальному модельному аналізі інфляційних процесів в Україні у розрізі визначених факторів з описом причин та наслідків виявлених диспропорцій, які варто розширити до рівня інших інституційних секторів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Мишкін, Фредерік С. Економіка грошей, банківської справи і фінансових ринків / Пер. з англ. С. Панчишин, Г. Стеблій, А. Стасишин. – К. : Основи, 1998. – 963 с.
2. Kia A. Deficits, debt financing, monetary policy and inflation in developing countries: internal or external factors? / A. Kia // Carleton Economic Papers, Canada. – 2004. – 04-15. – 56 р. [Електронний ресурс]. – Доступний з: <http://carleton.ca/economics/wp-content/uploads/cep04-15.pdf>.
3. Mohanty M., Klau M. What determines inflation in emerging market economies? / M. S. Mohanty and Marc Klau // BIS Papers chapters, Bank for International Settlements. – 2001. – May volume 8. – 38 р. [Електронний ресурс]. – Доступний з: <http://www.bis.org/publ/bppdf/bispap08a.pdf>.
4. Goochoon K., Lavern M., Wayne R. Public debt, money supply, and inflation : a cross-country study and its application to Jamaica / K. Goochoon, M. Lavern, R. Wayne // IMF working paper. – 2006. – No. 06/121. – 39 р. [Електронний ресурс]. – Доступний з: <http://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/2006/wp06121.pdf>.
5. Горідько Н., Ніжегородцев Р. Співвідношення емісійних і трансмісійних механізмів інфляції в сучасній економіці України: досвід регресійного моделювання / Н. Горідько, Р. Ніжегородцев // Вісник Національного банку України. – 2012. – № 6(196). – С. 22–26.
6. Статистичний збірник «Бюджет України 2013» / Міністерство фінансів України. – 2014. – 244 с. [Електронний ресурс]. – Доступний з: [http://www.minfin.gov.ua/file/link/404609/file/Budget of Ukraine 2013.zip](http://www.minfin.gov.ua/file/link/404609/file/Budget%20of%20Ukraine%202013.zip).

Стаття надійшла до редакції 19.11.2014

УДК 519.7

Д.А. ОМЕЛЬЯНЧИК

АГЕНТНО-ОРІЄНТОВАНІ МОДЕЛІ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ: ОСОБЛИВОСТІ, ПЕРЕВАГИ І НЕДОЛІКИ

***Анотація.** Розглядаються основні підходи до розробки агентно-орієнтованих моделей обчислювальної економіки. Визначаються характерні риси агентно-орієнтованих моделей (АОМ). Наводяться основні цілі створення агентно-орієнтованих моделей. Пояснюються деякі способи класифікації АОМ та виділяються базові типи АОМ. Обговорені основні переваги та недоліки АОМ. Наведено короткий огляд моделі EURACE.*

***Ключові слова:** математичне моделювання, агентно-орієнтоване моделювання, математична економіка, інтелектуальні економічні і соціальні агенти.*

Вступ

Агентно-орієнтоване моделювання економіки – це галузь міждисциплінарних досліджень, що використовує методи поведінкової економіки, теорії мереж, імітаційного моделювання, теорії хаосу, а також ідеї, запозичені з фізики, когнітивної психології, біології та інших природничих та соціальних наук [1]. За допомогою методів комп'ютерних наук розробники агентно-орієнтованих економічних моделей намагаються створити таку комп'ютерну симуляцію реального світу, в якій можна буде перевіряти наслідки різних сценаріїв дій та вибирати оптимальний напрям, прогнозувати розвиток економічних систем, аналізувати причинно-наслідкові зв'язки між змінними. Предметом агентно-орієнтованого моделювання є питання прийняття оптимальних рішень відповідальними особами при уявленні про економіку як складну адаптивну систему, поведінка якої формується за рахунок множинних взаємодій агентів, що мають різну поведінку, здатність до навчання та є гетерогенними за своєю природою.

Мета статті – розглянути ряд перспективних напрямів у розробці та дослідженні агентно-орієнтованих моделей (АОМ), а також особливості, компоненти та види зазначених моделей обчислювальної економіки.

1. Що таке агентно-орієнтовані моделі обчислювальної економіки?

Перша АОМ була розроблена ще в кінці 1940-х років, проте в соціальних системах агентно-орієнтований підхід вперше почав застосовувати лауреат Нобелівської премії Т. Шеллінг. Він запропонував АОМ расової сегрегації населення міст та узагальнив отримані результати в книзі «Мікромотиви та макроповедінка» (1978). Широкого розповсюдження АОМ набули у 1990-х роках через бурхливе зростання обчислювальних потужностей.

Агентно-орієнтована обчислювальна економіка – це дисципліна, що вивчає економічні процеси, які моделюються за допомогою динамічних систем взаємодіючих агентів. Під «агентом» тут розуміється сутність, яка є основним елементом штучного суспільства та характеризується набором ознак (даних) і методів поведінки. Можливими прикладами агентів є індивіди (споживачі, робітники), соціальні групи (сім'ї, фірми, урядові агенції), інститути (ринки, регуляторні системи), біологічні (посіви, худоба, ліси) та фізичні (інфраструктура, погода, географічний регіон) сутності. Таким чином, діапазон можливих агентів включає як активні об'єкти, що збирають дані, приймають рішення і мають здатність навчатися, так і пасивні сутності без когнітивних можливостей. Крім того, агенти можуть складатися з інших агентів, утворюючи ієрархічні конструкції. Наприклад, агент-фірма може складатися з агентів-працівників.

Розробник АОМ задає початковий стан економічної системи, визначаючи для кожного агенту його початкові характеристики та методи поведінки, а також ступінь доступності цієї інформації для інших агентів. Дані (або характеристики) агенту можуть включати атрибути типу (світ, ринок, фірма, споживач), структурні атрибути (географічне положення, функція витрат, функція корисності) та інформацію про атрибути інших агентів (зокрема, їхні адреси). Методи агентів можуть бути соціальними (наприклад, ринкові протоколи) та приватними. Прикладами останніх є стратегії виробництва та ціноутворення, алгоритми навчання з метою оновлення стратегій та методи зміни методів. Підсумкова АОМ має бути динамічно повною. Це означає, що змодельована система повинна розвиватися в часі виключно шляхом взаємодій її агентів, без подальших втручань розробника [2].

2. Характерні риси АОМ

АОМ мають ряд особливостей, які відрізняють їх від інших математичних моделей. Їм притаманні такі основні риси:

– Погляд «знизу догори». Макродинамічні властивості можна правильно зрозуміти тільки як результат мікродинаміки агентів. Агреговані властивості виникають в результаті повторюваних взаємодій між простими агентами, а не внаслідок вимог раціональності та рівноваги, як припускається в класичних моделях.

– Гетерогенність. Агенти завжди неоднорідні за всіма характеристиками.

– Нелінійність. Характер взаємодій між агентами нелінійний, а отже, і характер зв'язку між рівнем моделі та макрорівнем також нелінійний.

– Ендогенність взаємодії між агентами. Рішення, що приймаються агентом в поточний момент часу за допомогою механізму адаптивних очікувань, залежить від рішень решти агентів у попередні моменти часу.

– Обмежена раціональність. Через надзвичайну складність середовищ взаємодії економічних агентів припущення про раціональність є не вірогідним. Агентам надаються, щонайбільше, деякі локальні і часткові (у просторі й часі) принципи раціональності, або «міопічні» оптимізаційні правила.

– Здатність до навчання. Агенти в моделі навчаються за допомогою нескінченного пошуку в динамічних середовищах. Початково агенти не

наділені жодними знаннями про структуру середовища, але вони мають здатність розвинути своє уявлення про неї. Введення нових об'єктів змінює цю структуру, а отже, й винагороду за дії агентів, що підтримує нескінченність пошуку.

– Істинна невизначеність. АОМ характеризуються незворотною динамікою: стан системи розвивається залежно від пройденої траєкторії, що частково є наслідком адаптивних очікувань, оскільки агенти володіють інформацією про минуле та формують на її основі очікування майбутнього.

– Постійні ендogenous інновації. Соціально-економічні системи завжди нестационарні. Неперервне створення нового в цих системах і формування нових типів поведінки є силою, що стимулює навчання та адаптацію агентів.

– Самоорганізація. Завдяки циклам зворотного зв'язку в АОМ може виникати самоорганізація агентів. Вони можуть утворювати такі структури, як підгрупи або локальні мережі агентів. В таких структурах окремі члени популяції агентів у певному сенсі стають ближчими до одних індивідів соціально-економічного простору, ніж до інших. Ці структури взаємодії самі можуть ендogenous змінюватися у часі, оскільки агенти самі стратегічно вирішують з ким взаємодіяти, орієнтуючись на очікувану винагороду.

– Механізми ринкового відбору. Агенти, як правило, проходять через механізм ринкового відбору. Критерії селекції можуть бути складними і багатовимірними [3].

3. Цілі створення та застосування АОМ

Основними цілями створення та застосування АОМ вважаються [5]:

– Емпіричне знання. Якщо дослідник ставить за мету емпіричне пізнання світу, він шукає відповідь на таке запитання: чому окремі масові закономірності виникають і зберігаються навіть за відсутності контролю згори? Прикладом таких закономірностей є овації у театрі, соціальні норми, торгові мережі тощо. Пояснення цих явищ може полягати у повторюваності взаємодій агентів, що функціонують у специфічних середовищах;

– Нормативне знання. Яким чином можна використовувати АОМ в якості інструменту пошуку ефективних механізмів? Дослідники, що переслідують цю мету, намагаються оцінити, наскільки добре запропонований механізм дозволяє досягти суспільно бажаного результату в галузі соціальної політики або в роботі різних інституцій чи процесів. Прикладами таких механізмів є системи аукціонів, правила голосування та введення в дію законів. Штучний «світ» будується так, щоб зафіксувати найбільш значимі аспекти функціонування соціальної системи в рамках розробленого механізму. Потім цей «світ» населяють агентами з власною мотивацією та здатністю до навчання і спостерігають за його розвитком у часі. Ключовим питанням є межі, в рамках яких отримані результати будуть ефективними та справедливими, незважаючи на спроби окремих агентів отримати індивідуальні переваги шляхом застосування стратегічної поведінки;

– Евристика. Як дізнатися більше про фундаментальні причинні механізми динаміки соціальних систем? Навіть якщо припущення моделювання доволі прості, наслідки їх застосування у складних системах можуть бути зовсім не очевидними. Ефект взаємодії багатьох агентів часто є

несподіваним, оскільки усі наслідки, навіть найпростіших форм взаємодії, дуже важко передбачити;

– Методологія. Яким чином забезпечити дослідників АОМ методами та інструментами, необхідними для кількісного дослідження соціальних систем за допомогою контрольованих обчислювальних експериментів, та встановити відповідність експериментально обґрунтованих теорій реальним даним? Існує багато способів досягти цієї мети: від ретельного розгляду методологічних принципів до практичної розробки засобів програмування, візуалізації та емпіричної валідації.

4. Таксономія АОМ

В роботі [6] АОМ пропонується класифікувати за такими характеристиками.

1. Природа досліджуваного об'єкту. Під нею розуміють загальні факти (зафіксовані емпірично), які дослідники намагаються пояснити за допомогою моделі. Наприклад, одні моделі вивчають якісні зміни в економічних системах під впливом витрат на дослідження та розробку, а інші – кількісні особливості статистики сукупного зростання, зокрема, автокореляційні зв'язки. Існують відмінності й між моделями, які намагаються пояснити окреме явище (наприклад, сукупне зростання), і моделями, що вивчають множинні явища (наприклад, взаємну залежність сукупного зростання, продуктивності праці та інвестицій). Останні можуть розглядатися в короткостроковому або довгостроковому періоді. Нарешті, можуть досліджуватися мікророзподіли (наприклад, розмірів фірм) або макроагрегати (наприклад, часові ряди показників національної або світової економіки).

2. Мета аналізу. Як правило, АОМ *достовірні в рамках вибірки*, їхня головна задача – відтворити статистичні властивості ретроспективних даних. Моделі, орієнтовані на вирішення питань управління, прогнозування або передбачення наслідків сценаріїв дій, зустрічаються рідше.

3. Припущення моделювання. Деякі моделі можуть мати багато ступенів свободи, інші – ні. Наприклад, правила прийняття рішень агентами АОМ можуть характеризуватися багатьма змінними і параметрами. З іншого боку, їх можна описати коротко і просто. Аналогічно, структура взаємодій може бути зафіксована ззовні, а може змінюватися екзогенно або ендогенно. В одних моделях час може бути дискретним і розривним, а в інших – паралельним та асинхронним. В залежності від правил прийняття рішень агентами, АОМ поділяються на адаптивні, або оптимізуючі, та детерміністські, або стохастичні.

4. Метод аналізу чутливості моделі. Аналіз чутливості моделі, щонайменше, має дати відповідь на питання, яким чином результати залежать від: мікро- і макропараметрів; початкових умов; мінливості, викликані стохастичними елементами (наприклад, випадковими індивідуальними правилами прийняття рішень). Загалом, аналіз чутливості передбачає ретельне вивчення змін на виході моделі від збурень на її вході. Таким чином, крім квантування простору параметрів та початкових умов, дослідники мають перевірити робастність результатів щодо змін у: розподілі випадкових величин, які генерують системний шум; механізмі визначення часу (та оновлення); рівні агрегування мікроекономічних змінних.

В [7] АОМ пропонується класифікувати з точки зору емпіричної валідації, причому різницю між класами моделей можна зрозуміти, виходячи з мети моделювання.

Кейс-моделі є моделями емпірично обмеженого явища із власною специфікою у просторово-часовому вимірі. Наприклад, дослідження ринку риби в місті Марсель, спрямоване на детальне відтворення функціонування ринку таким чином, щоб повніше зрозуміти його характерні особливості.

Моделі типізації вивчають специфічні класи емпіричних явищ і намагаються дослідити деякі теоретичні властивості, притаманні більш або менш широкому діапазону емпіричних явищ. Наприклад, припущення про те, що ринки риби, приналежні до одного класу, мають спільні риси, орієнтує модель на виявлення спільних властивостей ринків риби, припустимо, Французької Рив'єри або всього Середземномор'я.

Теоретичні абстракції є «чистими» теоретичними моделями, не прив'язаними ні до конкретного емпіричного явища, ні до окремого класу явищ. Наприклад, метою моделювання може бути визначення характерних рис механізму «голландського» аукціону, що діє на більшості ринків риби. Така модель спрямована на вивчення цього інституту, його ефективність в процесі швидкого розподілу цін та обсягів швидкопсувних товарів, зокрема, риби.

5. Переваги АОМ

Використання АОМ для дослідження складних адаптивних соціальних систем має певні переваги порівняно з традиційними методами, основними з яких є:

Компромід між гнучкістю та точністю. Гнучкістю є здатність моделі пояснити широкий клас можливих задач, тоді як точність вимагає конкретного і детального визначення всіх елементів моделі. АОМ забезпечує компромід між точністю та гнучкістю, дозволяючи відтворити безліч варіантів поведінок з достатньою математичною точністю.

Орієнтованість на процес. Традиційні економіко-математичні методи часто уникають деталізації відображення економічних процесів. Натомість, природа АОМ вимагає високого рівня точності опису процесів, які лежать в основі функціонування моделі. Для запуску обчислювальної моделі потрібно визначити всі значимі аспекти існування та взаємодії агентів.

Адаптивні агенти. Особливий науковий інтерес викликає питання про те, яким чином обмеження на здатність агентів раціонально обробляти інформацію впливає на поведінку соціальних систем. Не менш важливо оцінити вплив механізмів навчання в таких системах. АОМ можуть допомогти знайти відповідь на ці питання.

Природна динаміка. Більшість існуючих аналітичних інструментів економічного моделювання уникає питань про динаміку процесу і зосереджується на дослідженні станів рівноваги. Тоді як для більшості складних адаптивних соціальних систем стан рівноваги є скоріше винятком, ніж правилом. Агентні моделі пропонують більш природний спосіб аналізу динамічної поведінки системи. Незалежно від наявності рівноваги, саме особливості динаміки системи мають практичний інтерес для передбачення її розвитку.

Гетерогенність агентів та асиметрія. Припущення про гомогенність (однорідність) агентів та симетрію системи значно спрощують обчислення, тому вони часто застосовуються, незважаючи на те, що асиметрія та гетерогенність є природними властивостями соціально-економічних систем. В силу своєї природи АОМ дають змогу легко реалізувати припущення про неоднорідність агентів та асиметрію обробки інформації.

Масштабованість. Традиційні методи, як правило, зосереджуються на моделях, що містять або дуже мало, або нескінченно багато агентів. Проміжні випадки аналітично розв'язати дуже складно, тому зазвичай використовують обчислювальні методи. Тоді як в АОМ процес масштабування відбувається дуже легко. Щойно поведінку окремого агента описано, дослідити поведінку системи агентів необхідного масштабу можна, додавши потрібну кількість агентів.

Повторюваність та відновлюваність. Можливості АОМ під час здійснення експериментів важко переоцінити. Здатність відновити початковий стан системи і повернутися на попередні кроки, щоб виявити причину появи поведінкових аномалій, сприяє швидкому удосконаленню теоретичних припущень. В свою чергу, повторюваність, тобто можливість множинних спостережень за поведінкою «ідентичних» систем, дає змогу проводити експерименти з точністю, недосяжною в реальних умовах.

Конструктивність. Природа АОМ дає можливість отримати конструктивні «доведення» припущень. Наприклад, якщо в результаті експериментів з АОМ вдалося зафіксувати виникнення певного макроявища, один набір мікроумов, достатній для виникнення зазначених макроефектів, вже знайдено.

Низька вартість. Агентні моделі є економічно ефективними. Хоча розробка початкової версії АОМ може бути затратною, гранична вартість запуску чи модифікації готової моделі, як правило, не велика.

6. Недоліки АОМ

Незважаючи на зростаюче використання обчислювальних моделей для отримання теоретичних результатів, деякі дослідники досі виступають проти цього підходу. В наукових дискусіях зазвичай використовують такі аргументи [8]:

Результати експериментів з АОМ заздалегідь визначені. Часто вважається, що результати роботи АОМ напряму залежать від початкових даних і відомі заздалегідь, а отже, отримати щось нове з їхньою допомогою неможливо. Дійсно, будь-яка модель не здатна самостійно розширити власні рамки, однак це не означає, що за її допомогою неможливо поліпшити теоретичне розуміння досліджуваної проблеми.

АОМ не вистачає строгості. На початкову постановку задач, які можна вирішити аналітичними методами, накладаються жорсткі обмеження, тоді як постановка АОМ можлива з невеликою кількістю обмежень. Хоча останнє й може бути джерелом недостатньої строгості, потенційна відсутність обмежень на постановку задач є вагомою перевагою. Зважаючи на новизну агентно-орієнтованого підходу, загальноприйнятий та узгоджений набір стандартів розробки АОМ для забезпечення достатньої математичної строгості ще має з'явитися.

Результати АОМ є лише наближеними і залежать від конкретних початкових умов. Часто результати роботи АОМ неможливо прямо перевірити на точність. Проте, враховуючи потенційно високу вартість отримання точних результатів, спиратися на наближені результати є практично прийнятним.

АОМ занадто чутливі. Вважається, що АОМ є занадто чутливими до незначних змін вхідних параметрів. Чутливості обчислювальних моделей можна запобігти за допомогою простої та наочної структури. Цього результату можна також досягти завдяки кільком альтернативним реалізаціям ключових елементів моделі.

АОМ важко перевіряти та тестувати. Через залежність траєкторій розвитку, множинні стани рівноваги, наявність позитивного зворотного зв'язку або відсутність рівноваги тестування багатьох АОМ може бути дуже складним. Емпіричне тестування АОМ потребує розробки нових методів статистичного аналізу. Багато дослідників для перевірки аналізують ключові часові та просторові закономірності, які виникають в моделі.

АОМ – важкі для розуміння. АОМ часто відкидають через складність повного розуміння структури моделі та її рушійних сил. Частково це пов'язано з відсутністю загальноприйнятих засобів опису обчислювальних моделей. Тому розробники АОМ прагнуть до створення простих, легко пояснюваних моделей. В основу будь-якої АОМ доцільно закладати простий набір базових припущень. Адже саме вони формують модель, а не апарат, що їх використовує.

7. Приклад АОМ – модель EURACE

Базова модель EURACE [9, 10] складається з блоків, що відповідають ринку інвестиційних товарів, ринку споживчих товарів та ринку праці. У моделі також представлено два типи активних агентів (фірми-виробники споживчих товарів і домогосподарства) та два типи пасивних агентів (фірми-виробники інвестиційних товарів і торговельні центри). Пасивні агенти не приймають жодних рішень. Кожен активний агент має кілька ролей, відповідно до своєї діяльності на різних ринках. Так, на ринку споживчих товарів домогосподарство виступає покупцем, а фірма-виробник – продавцем, тоді як на ринку праці вже домогосподарство продає свою працю фірмам-виробникам. Зауважимо, що торговельний центр в моделі виступає не як підприємство, орієнтоване на отримання прибутку, а як деяка локальна платформа для продажу і зберігання споживчих товарів.

Економіка складається з двох регіонів ($R = 2$), і кожний агент характеризується розташуванням в одному з них. Деякі дії відбуваються на локальному рівні (наприклад, споживання агентів), інші – глобально (наприклад, продаж інвестиційних товарів або пропозиція праці). Мінімальною одиницею часу є день, однак більшість взаємодій та рішень повторюються щомісячно.

За допомогою зазначеної моделі автори намагалися проаналізувати ефект від заходів, спрямованих на покращення професійних навичок працівників. Розглянемо основні компоненти моделі EURACE детальніше.

Ринок інвестиційних товарів. Існує єдина технологія виробництва інвестиційних товарів. Пропозиція інвестиційного товару не обмежена. Зміна якості інвестиційного товару q_t^{inv} в часі є стохастичним процесом. Кожного періоду якість зростає з ймовірністю $\gamma^{inv} m(0,1)$. У випадку покращення якості, кількість пропонованого товару зростає на Δq^{inv} . Ціна інвестиційного товару $p^{inv} > 0$ прив'язана до якості, тому покращення якості товару призводить до пропорційного зростання ціни.

Визначення обсягу виробництва. Кожна фірма-виробник споживчих товарів підтримує запас власної продукції у всіх регіональних торговельних центрах. На основі інформації про залишки товару в кожному торговельному центрі фірма приймає рішення про обсяги поповнення відповідних запасів, тобто про обсяги власного виробництва. В моделі пропонується використовувати наступне просте правило з теорії управління запасами:

$$D_{i,r,t}^{plan} = \begin{cases} 0 & , SL_{i,r,t} \geq Y_{i,r,t}, \\ Y_{i,r,t} - SL_{i,r,t} & , SL_{i,r,t} < Y_{i,r,t}, \end{cases}$$

де: $D_{i,r,t}^{plan}$ – необхідний обсяг поповнення запасів торговельного центру регіону r в момент часу t фірмою i ,

$SL_{i,r,t}$ – рівень запасів фірми i в торговельному центрі регіону r в момент часу t ,

$Y_{i,r,t}$ – певне порогове значення.

Тоді сумарне замовлення товару торговельними центрами становить

$$D_{i,t}^{plan} = \sum_{r=1}^R D_{i,r,t}^{plan}.$$

Щоб уникнути надмірних коливань обсягів виробництва $Q_{i,t}^{plan}$, які фірма планує виробити в періоді t , часовий ряд сумарних замовлень торговельних центрів $(D_{i,t}^{plan})$ згладжується. Завдяки цьому, фірми-виробники демонструють деяку інерційність під час адаптування фактичних обсягів виробництва до замовлень торговельних центрів

$$Q_{i,t}^{plan} = \xi \cdot D_{i,t}^{plan} + (1 - \xi) \cdot \frac{1}{T} \cdot \sum_{k=t-T}^t Q_{i,k}.$$

Зазначимо, що реальний обсяг виробництва $Q_{i,t}$ може відрізнятись від планованого випуску $Q_{i,t}^{plan}$. Обсяги продукції, що постачаються в кожен торговельний центр, визначаються пропорційно до планованих кількостей:

$$D_{i,r,t} = \frac{D_{i,r,t}^{plan}}{\sum_{r=1}^R D_{i,r,t}^{plan}}.$$

Попит на фактори виробництва. Для виробництва споживчих товарів фірмам-виробникам потрібні фізичний капітал та праця. Процес виробництва споживчих товарів моделюється виробничою функцією Кобба-Дугласа з додатковими множниками, що відображують якість фізичного капіталу та професійні навички працівників. Таким чином, випуск фірми-виробника споживчих товарів задається функцією:

$$Q_{i,t} = \min[B_{i,t}, A_{i,t}] \times L_{i,t}^\alpha K_{i,t}^\beta,$$

де: $A_{i,t}$ – середня якість фізичного капіталу (інвестиційного товару),

$B_{i,t}$ – середній рівень професійних навичок працівників фірми,

$L_{i,t}$ – кількість працівників фірми і в момент часу t ,

$K_{i,t}$ – фізичний капітал фірми і в момент часу t ,

α і β – параметри, причому $\alpha + \beta = 1$.

Встановлення ціни. Для визначення ціни на свою продукцію фірми-виробники застосовують стандартний підхід, який в літературі з менеджменту носить назву «аналізу беззбитковості». Він полягає у визначенні такої точки, в якій збільшення обсягу продажів стає достатньо великим, щоб забезпечити прибутковість за зниження ціни, тоді як зниження продажів виявляється достатнім, щоб виправдати зростання цін. По суті, це правило відповідає стандартному способу встановлення цін на основі еластичності.

Припускається, що всі фірми мають сталі уявлення про еластичність попиту $\varepsilon^{e_i} < -1$. Тоді ціна на товар встановлюється як:

$$P_{i,t} = \frac{C_{i,t-1}}{1 + 1/\varepsilon^{e_i}}.$$

Бюджет споживання. На початку періоду t домогосподарство k приймає рішення щодо обсягу бюджету споживання $B_{k,t}^{cons}$, який воно планує витратити. Протягом періоду t агент отримує дохід $Inc_{k,t}$ та має заощадження з попередніх періодів $Ass_{k,t}$. Таким чином, обсяг наявної готівки задається формулою $Liq_{k,t} = Inc_{k,t} + Ass_{k,t}$.

Тоді домогосподарство визначає свій бюджет споживання на основі такого правила:

$$B_{k,t}^{cons} = \begin{cases} Liq_{k,t} - \kappa(Liq_{k,t} - \phi \cdot Inc_{k,t}^{Mean}), & \text{якщо } Liq_{k,t} > \phi \cdot Inc_{k,t}^{Mean} \\ Liq_{k,t}, & \text{інакше} \end{cases},$$

де: $\phi \leq 1$ – частка середнього доходу, нижче якої домогосподарство витрачає всю готівку,

$Inc_{k,t}^{Mean}$ – середній дохід агента k у попередніх періодах.

κ – схильність до заощадження, за визначенням, задовольняє умову $0 < \kappa < 1$.

Отже, через це правило, якщо поточна наявна готівка агента менше частки ϕ від середнього доходу, то вона витрачається повністю. Якщо обсяг наявної готівки перевищує $\phi \cdot Inc_{k,t}^{Mean}$, то агент заощаджує фіксовану частку доходу для утворення резерву на «чорний день».

Вибір споживчого товару. Припускається, що вибір товару споживання домогосподарством є випадковим, причому ймовірність придбання того чи іншого товару визначається виключно ціною, оскільки вважається, що ніяких якісних відмінностей пропонувані товари не мають. Тоді цінність товару для домогосподарства k , який виробляється фірмою i , під час періоду t визначається за простою формулою:

$$v_k(p_{i,t}) = -\ln(p_{i,t}),$$

де $p_{i,t}$ – встановлена фірмою-виробником ціна товару.

Тоді домогосподарство обирає товар i з ймовірністю

$$Prob_{k,i,t} = \frac{\text{Exp}[\lambda_k^{cons} v_k(p_{i,t})]}{\sum_i \text{Exp}[\lambda_k^{cons} v_k(p_{i,t})]}.$$

Таким чином, домогосподарство віддає перевагу дешевшим товарам, а інтенсивність конкуренції на ринку товарів параметризується за допомогою λ_k^{cons} . Обравши товар, домогосподарство витрачає весь свій бюджет споживання на його купівлю. Якщо товару на ринку недостатньо для цього, тобто після покупки в домогосподарства лишаються гроші, заплановані на споживання, воно вибирає наступний товар і намагається витратити залишок бюджету споживання на нього. Так відбувається, доки бюджет не буде витрачено повністю або на ринку закінчаться товари.

Ринок праці. Попит на ринку праці визначається фірмами-виробниками споживчих товарів. Якщо фірма планує розширити виробництво, вона виставляє на ринку праці вакансію із зазначенням пропонованої зарплати. Потенційні працівники вивчають ранжований перелік виставлених вакансій, обираючи лише ті пропозиції, де пропонована зарплата перевищує мінімальну. В якості мінімальної зарплати використовується поточна зарплата, якщо домогосподарство працевлаштоване, або частка від минулої заробітної плати у випадку безробіття.

Далі, кожна фірма впорядковує заявки про працевлаштування, орієнтуючись на рівні загальних та професійних навичок потенційних працівників. Запрошення на роботу розсилаються визначеній кількості працівників.

Кожен потенційний працівник ранжує отримані пропозиції роботи з урахуванням вартості можливого переїзду до іншого регіону. Кожен працівник приймає пропозицію від тієї фірми, яка запропонувала найвищу зарплату. Всі інші отримують відмову.

Висновки

Агентно-орієнтований підхід є відносно новою парадигмою моделювання, яка виникла на «стику» комп'ютерних наук та економіки. Основними складовими типової АОМ є агенти з визначеними атрибутами та поведінкою, топологія зв'язності агентів, а також середовище, в якому існують агенти. Характерними особливостями АОМ є гетерогенність, обмежена раціональність, здатність до навчання та погляд «знизу догори». Моделі цього класу створюються з різною метою: нормативною, емпіричною, евристичною чи методологічною. АОМ можна класифікувати за природою досліджуваного об'єкту, метою аналізу, припущеннями моделювання або методами аналізу чутливості.

На відміну від традиційних підходів, АОМ є більш природним способом моделювання багатьох складних соціально-економічних систем, проте, як і в будь-якого іншого методу, в них є свої переваги та недоліки. Модель EURACE дає змогу ознайомитися з особливостями застосування АОМ на практиці.

Отже, застосування АОМ дозволяє виявити та формалізувати певні закономірності динаміки економічних систем, а також моделювати їх очікувану поведінку. Таким чином, АОМ є важливим сучасним інструментом підтримки прийняття та оптимізації управлінських рішень на різних рівнях, а також прогнозування наслідків реалізації альтернативних сценаріїв або планів дій.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Каталевский Д.Ю. Системная динамика и агентное моделирование: необходимость комбинированного подхода [WWW документ]. URL http://sysdynamics.ru/system/files/5/original/Katalevsky_article_agents_SD.pdf
2. Tesfatsion L. Agent-based computational economics: A constructive approach to economic, 2005 [WWW document]. URL <http://www2.econ.iastate.edu/tesfatsi/hbintlt.pdf>
3. Караев А.К., Мельничук М.В. Агентно-ориентированные технологии дизайна экономической (фискальной, монетарной) и социальной политики: Монография. – М.: ВГНА Минфина России, 2011. – 274 с.
4. Macal C.M., North J.M. Tutorial on agent-based modeling and simulation // J. of Simulation. – 2010. – N 4. – P. 151–162.
5. Tesfatsion L., Judd K.L. Handbook of computational economics, Vol. 2: Agent-Based Computational economics. – Amsterdam: Elsevier, 2006. – 904 p.
6. Windrum P., Fagiolo G., Moneta A. Empirical validation of agent-based models: Alternatives and prospects // J. of Artificial Societies and Social Simulation. – 2007. – N 10(2). URL <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/10/2/8.html>
7. Boero R., Squazzonu F. Does empirical embeddedness matter? Methodological issues on agent-based models for analytical social science // J. of Artificial Societies and Social Simulation. – 2005. – N 8(4). URL <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/8/4/6.html>
8. Miller J., Page S. Complex adaptive systems: An introduction to computational models of social life. – 2007. – Princeton University Press. – 264 p.

9. Dawid H., Gemkow S., Harting P., Neugart M. On the effects of skill upgrading in the presence of spatial labor market frictions: An agent-based analysis of spatial policy design // J. of Artificial Societies and Social Simulation. – 2009. – N 12 (4).
URL <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/12/4/5.html>
10. Гуляницкий Л.Ф., Омелянчик Д.А. Разработка и исследование базовой агентно-ориентированной модели функционирования экономики // Компьютерная математика.– 2014. – № 1. – С. 26–36.

Стаття надійшла до редакції 20.11.2014

УДК 519.8

С.К. ПОЛУМІЄНКО, Л.О. РИБАКОВ

ТЕОРЕТИКО-ІГРОВА РЕСУРСНА МОДЕЛЬ ЗБАЛАНСОВАНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО РОЗВИТКУ

***Анотація.** Розглядається ресурсний підхід до побудови та аналізу моделі збалансованого розвитку системи «природа-населення-виробництво». Запропоновано дворівневу кооперативну гру, що слугує такою моделлю та надає можливість знаходження сукупної оптимальної стратегії за рахунок використання уніфікованого представлення учасників системи та процесів їх життєдіяльності.*

***Ключові слова:** ресурсна модель, розвиток, модель, гравець, стратегія.*

Вступ

Прийняття Конференцією ООН по навколишньому середовищу та розвитку «Порядку денного XXI століття» проголосило сталий розвиток як ключовий напрямок подальшої еволюції людства [1]. Але як, зокрема, зазначається у звіті Департаменту зі сталого розвитку ООН [2] за 2013 р., за 20 років так і не було знайдено істотних рішень цієї проблеми, незважаючи на опубліковані десятки тисяч статей, витрачені значні кошти.

Одна з причин цього – необхідність знайти компромісні стратегії розвитку системи «природа – населення – виробництво», які стосуються окремих індивідуумів, їх спільнот, цілих країн та регіонів. Це вимагає не тільки визначення самого поняття компромісу між різнорідними об'єктами та процесами, а й інших підходів до процесів політичного, соціального, економічного, екологічного, психологічного факторів розвитку [3].

В більшості моделей сталого розвитку традиційно виділяються підмоделі екологічної, соціальної та економічної підсистем, для яких або їх складових знаходяться оцінки рівня сталості розвитку з різним ступенем деталізації та спрямуванням вихідної задачі (див., зокрема, [4, 5]). Виходячи з такого традиційного підходу, в [6, 7] запропонована теоретико-ігрова модель сталого розвитку, що представляє собою узагальнену модель, утворену на об'єднанні підмоделей соціальної, екологічної та економічної систем. Модель базується на багаторівневій коаліційній стратегічній грі [8], оптимальна стратегія якої якраз і забезпечує сукупну стратегію сталого розвитку для всіх учасників системи. Подальший аналіз цієї моделі показав її надмірну громіздкість та неконструктивність. В той же час, він дозволив виділити інше підґрунтя моделі, яке дозволяє не тільки істотно спростити її, а й ефективно знаходити оптимальні стратегії учасників системи та сукупну стратегію збалансованого розвитку. Викладення основ побудованої моделі і є метою цієї роботи.

1. Стратегічна теоретико-ігрова ресурсна модель збалансованого розвитку

Життєдіяльність певної соціо-еколого-економічної системи ґрунтується на ресурсах, які споживають та створюють її учасники, наприклад, природні ресурси, товари, які використовуються або в самій системі, або в її оточенні. Крім товарів, вироблених учасниками системи, різноманітних природних, виробничих ресурсів, до її сукупних ресурсів на сьогодні слід віднести технології, суспільно-корисні бази знань тощо.

Нехай $Res(t_k)$ - вектор наявних ресурсів вихідної соціо-еколого-економічної системи в момент часу t_k розбиття відрізка часу $[t_0, T]$ з компонентами $Res_m(t_k)$, $m = 1, \dots, M$. Визначення компонент вектора $Res(t_k)$ виконується гравцем GI , наприклад, урядом, що керує системою, представляючи інтереси її учасників. Для цього GI аналізує стан системи, рівень задоволення інтересів учасників системи, відпрацьовує стратегії збалансованого розвитку всієї системи, регулюючи стратегії учасників, яких в силу підлеглості природно віднести до нижнього першого рівня моделі системи.

Тобто, маємо дворівневу модель, де на вищому рівні гравець GI контролює діяльність гравців $i \in I$ нижнього рівня. Такими гравцями, на відміну від традиційних підходів, є одночасно всі учасники соціо-еколого-економічної системи, які не розподіляються по підсистемах. Всі гравці $i \in I$ для забезпечення своєї життєдіяльності споживають та виробляють власні та спільні ресурси в межах навколишнього природного, соціального та економічного середовищ.

Інтересами гравців $i \in I$ вважається забезпечення своєї подальшої життєдіяльності відповідними ресурсами. Для природної системи це, насамперед, земля, вода, для економічної – виробничі ресурси, продукція тощо. Для людини ключовими ресурсами є базисні природні ресурси, продукти харчування; безпечне для життя середовище тощо. Реалізація таких інтересів гравців $i \in I$ виконується за допомогою їх стратегій $s_i \in S_i$, $i \in I$, де S_i - множина стратегій (видів діяльності) гравця i . При цьому стратегії розглядаються як вплив на ресурси системи. Їх припустимість визначається гравцем GI , який контролює множини S_i по всіх $i \in I$.

При визначенні рівня задоволення інтересів виникають певні проблеми. Людині важко визначити верхню межу, навіть тільки фінансового задоволення. Звичний інтерес з досягнення матеріального благополуччя виражається в різних індивідуальних оцінках достатності багатства та в розмежуванні людей за рівнем доходу. Такі групи відрізняються й за необхідними для цього ресурсами – кошти, освіта, нерухомість та ін. До речі, такі фактори оцінюються в різних системах індикаторів розвитку суспільства та розглядаються й як соціальний ресурс [4]. Наприклад - відсоток осіб з вищою освітою, кількість захворювань, дохід на одну особу та ін.

Рівень відповідності наявних ресурсів власним інтересам створює мотиви для участі людини в діяльності системи, відповідні стратегії можуть конструктивно чи деструктивно впливати на неї. Але певний індивідуум навряд чи зможе істотно вплинути на розвиток всієї системи. Виходячи з цього, надалі не будемо розглядати оцінки задоволення індивідуальних

інтересів гравців $i \in I$, а вважати, що вони на власний розсуд витрачають одержаний в результаті виконання своїх стратегій дохід (частку ресурсів системи). Це більше відображає необхідність оцінки наслідків їх діяльності, а не намірів.

Проте, в разі погіршення матеріального стану, інших видів пригнічення, гравці можуть перейти до стратегій непокори, які ведуть до сукупного дисбалансу. Гравець GI , учасники економічної підсистеми або ринок (його провідні гравці) встановлюють відповідні рівні індивідуального мінімального забезпечення, але, крім суспільних, орієнтуються й на власні інтереси. Встановлення завищених норм соціального забезпечення, не пов'язаних з суспільною корисністю, теж може привести до ускладнень. Таким чином, має бути знайдене певне збалансоване рішення, яке задовольняє всіх учасників системи, включаючи не тільки соціально-економічну, а й природну підсистему. Це – завдання гравця GI , який регулює, насамперед, правила розподілу доходу та соціальні норми.

Всі гравці $i \in I$ розглядаються як інфінітезимальні, тобто не можуть індивідуально вплинути на всю систему. Для збільшення цього впливу та одержання більшого доходу від своїх стратегій вони об'єднуються в коаліції $c \in C$, стратегіями яких є вектори $s_c \in S_c$, задані на декартовому добутку множин стратегій S_i . Створена коаліція $c \in C$, будучи підмножиною I , діє як один гравець зі стратегією s_c . При цьому гравець $i \in c$ одержує частину виграшу c , тобто певну величину одержаного коаліцією доходу (ресурсу). Також гравці $i \in I$ можуть виконувати стратегії в інших коаліціях, наприклад, гравець може одночасно входити до коаліцій будівельників та пенсіонерів тощо. Виграш від виконання своїх стратегій такий гравець одержує від участі в усіх коаліціях.

Тоді стан всієї системи в момент часу t_k характеризується вектором $sit(t_k)$ коаліційних стратегій s_c , що обрали всі коаліції $c \in C$. Такий вектор будемо називати ситуацією $sit(t_k) \in Sit(t_k)$, $Sit(t_k)$ - множина ситуацій, тобто множина всіх можливих дій учасників системи в момент часу t_k . Саме від ситуації, що склалася, тобто від власної стратегії та стратегій інших коаліцій, залежить виграш (дохід) коаліції, який будемо виражати дійсною функцією $H_c(sit(t_k))$.

В результаті маємо коаліційну гру

$$\Gamma(t_k) = \langle Res(t_k), I, C, Sit(t_k), H_c(sit(t_k)), c \in C, t_k \in [t_0, T] \rangle, \quad (1)$$

що описує діяльність вихідної соціо-еколого-економічної системи.

Гравці (1) виконують різні стратегії, спрямовані на одержання виграшів та подальше задоволення коаліційних та індивідуальних інтересів, що й характеризує процес розвитку системи. Вихідна мета досягнення сталого розвитку потребує визначення спільного інтересу учасників цієї гри. Таким інтересом природно визначити примноження спільних ресурсів за умови збереження їх балансу, що виражається у знаходженні оптимального розподілу виграшу, одержаного в результаті використання ресурсів всіма учасниками системи задля (можливо, обмеженого) оптимального задоволення їх інтересів.

Тобто, мета гри – не індивідуальне чи групове збагачення в межах соціально-економічної підсистеми, а збереження балансу наявних та наново створених ресурсів при зростанні задоволення потреб (інтересів) її учасників.

Для знаходження такого балансу, перш за все, ресурси мають вимірюватися в однакових одиницях та передаватися між гравцями.

2. Кооперативна ресурсна модель збалансованого розвитку

Нехай $vol_{m,l}$ та $pr_{m,l}$ – обсяг та вартість m -го виду ресурсів у регіоні країни l . Тоді величина

$$rs_{m,l}(t_k) = vol_{m,l} pr_{m,l}(t_k) / \sum_l vol_{m,l}(t_k) pr_{m,l}(t_k),$$

є відносним обсягом ресурсу m в регіоні l , звідси, $0 \leq rs_{m,l}(t_k) \leq 1$. Таке визначення, яке може враховувати й можливість поновлення ресурсу, дозволяє уніфікувати змістовно різні ресурси, наприклад, кількість питної води, населення з вищою освітою та ін.

Для кожного з регіонів l замість вихідних натуральних ресурсів $Res_{m,l}(sit(t_k))$ будемо розглядати їх відносні величини $rs_{m,l}(t_k)$. При виконанні стратегій коаліції витрачають одні ресурси, а створюють інші, наприклад, підприємство, використовуючи сировину, енергію та комплектуючі, виробляє іншу продукцію. Тобто стан компонент ресурсів $Res_{m,l}(sit(t_k))$ чи $rs_{m,l}(t_k)$ залежить від всіх коаліцій $c \in C$ та видів їх діяльності, які будемо позначати через w , $w = 1, \dots, W$. Внаслідок цього, замість $rs_{m,l}(t_k)$ будемо розглядати деталізовані по c та w компоненти ресурсів $rs_{m,l,c,w}(t_k)$, а баланс, який шукається, - як узгодження руйнівних та відновлювальних стратегій різних коаліцій по компоненті $rs_{m,l,c,w}(t_k)$.

Покладемо, що

$$rs_{m,l,c,w}(sit(t_k)) = Ars_{m,l,c,w}(sit(t_k)) - Drs_{m,l,c,w}(sit(t_k)) + rs_{m,l}(t_{k-1}),$$

$$rs_{m,l}(sit(t_k)) = \sum_{w=1}^W \sum_{c \in C} rs_{m,l,c,w}(sit(t_k)) + rs_{m,l}(sit(t_{k-1})),$$

$$rs_{m,l}(t_0) = const, m = 1, \dots, M,$$

де $Ars_{m,l,c,w}(sit(t_k))$ та $Drs_{m,l,c,w}(sit(t_k))$ – додані та витрачені коаліцією c величини відносних ресурсів за компонентою m в момент часу t_k в регіоні l за видом діяльності w , а $rs_{m,l}(t_{k-1})$ – величина $rs_{m,l}(sit(t))$ в попередній момент часу t_{k-1} . Тоді, величина $rs_{m,l}(sit(t_k))$ відображає результуючий стан компоненти m вектора відносних ресурсів $rs_l(sit(t_k))$ в ситуації $sit(t_k)$, а сума

$$rs_{l,c}(sit(t_k)) = \sum_{m=1}^M \sum_{w=1}^W rs_{m,l,c,w}(sit(t_k)), -$$

підсумкові зміни, зроблені коаліцією $c \in C$ по всьому вектору ресурсів.

Таким чином, для регіону l маємо матрицю $Rs_{l,c}(sit(t_k))$ з елементами $rs_{l,c}(sit(t_k))$, яка описує відносні ресурси за всіма видами діяльності $w = 1, \dots, W$.

Побудуємо кооперативну гру на основі стратегічної гри (1).

Нехай [9] n – кількість гравців I , а коаліція C - її підмножина. Функція v , що ставить у відповідність кожній коаліції C найбільший виграш $v(C)$ (поділ $x = (x_1, \dots, x_n)$), який вона впевнено одержує, називається характеристичною функцією гри. Сукупність $\langle I, v(C) \rangle$ називається кооперативною грою у формі характеристичної функції, якщо виконуються наступні дві умови індивідуальної та колективної раціональності:

$$x_i \geq v_i(i) \text{ для } i \in I \text{ та } \sum_{i \in I} x_i = v(I).$$

Тобто, на відміну від стратегічної гри, де аналізуються дії гравців в різних коаліціях, в кооперативній грі гравці на основі домовленостей об'єднуються в коаліцію та діють як один гравець проти інших гравців.

Визначимо функцію

$$v_i(c, t_k) = \max_{S_i(t_k)} \min_{S_{C \setminus i}(t_k)} (rs_{i,c}(sit(t_k))) = \max_{Sit(t_k)} \min (rs_{i,c}(sit(t_k))), \quad (2)$$

тоді

$$v_i(C, t_k) = \sum_{c \in C} v_i(c, t_k), \quad (3)$$

є сукупною ціною гри (1), яку може одержати тотальна коаліція C (множина всіх гравців I).

За побудовою, цю гру контролює гравець GI , його метою є збільшення значення (3), що відповідає завданням розвитку регіону, та, водночас, забезпечення балансу інтересів коаліцій (1), тобто балансу ресурсів системи.

Наступну сукупність

$$GR_i(t_k) = \langle rs_i(t_k), C, Sit(t_k), v_i(c, t_k), m = 1, \dots, M, t_k \in [t_0, T] \rangle, \quad (4)$$

будемо розглядати як кооперативну гру з характеристичною функцією $v_i(c, t_k)$, побудованою на основі гри (1).

Баланс витрачених та створених ресурсів системи будемо визначати на основі вектору Шеплі [9 - 10] гри (4).

Вектором Шеплі називається відображення, яке кожній грі у формі характеристичної функції ставить у відповідність поділ, що задовольняє наступним умовам.

1. $\sum_{i \in C} \Phi^i(v) = v(C)$ для будь-якого носія – такої коаліції C , що $v(C) = v(C \cap K)$ для будь-якої коаліції K (аксіома ефективності), іноді замість цієї аксіоми використовується аксіома болвана: $\Phi^i(v) = v(i)$ для будь-якого болвана.

2. $\Phi^i(v) = \Phi^{\pi^i}(v)$ для будь-якої перестановки π множини гравців I , що задовольняє умові: $v(C) = v(\pi(C))$ для будь-якої коаліції C (аксіома симетрії);

3. $\Phi^i(v' + v'') = \Phi^i(v') + \Phi^i(v'')$ для будь-яких двох ігор $\langle I, v' \rangle$ та $\langle I, v'' \rangle$ (аксіома агрегації).

Доведено, що компоненти вектора Шеплі можуть бути визначені наступною єдиною функцією, яка задовольняє аксіомам 1 - 3:

$$\Phi^i(v) = \sum_{i \in C \subset I} \frac{(n-|C|)! (|C|-1)!}{n!} (v(C) - v(C \setminus \{i\})), i = 1, \dots, n.$$

Вектор Шеплі є одним з поширених принципів оптимальності, характеризує те, чого коаліція може досягнути після завершення гри, але не описує, як результати гри впливатимуть на коаліцію, тобто не відображає стратегічні аспекти гри. Саме це має місце і в нашій моделі, де ми відмовилися від аналізу стратегій коаліцій на користь, насамперед, вирішення гри.

Поділ, що відповідає вектору Шеплі, й є необхідним балансом ресурсів внаслідок взаємодії учасників системи, за яким найбільш ефективними будуть збалансовані стратегії учасників, які дають максимально можливий обсяг створених та наявних ресурсів.

Стратегії гравців та коаліцій при цьому є різнобічними технологіями, що використовуються ними в процесі споживання та створення ресурсів. Збільшення їх обсягу та вартості звісно веде до поліпшення стану та зростання потенціалу регіону. Але зростання, наприклад, такого ресурсу, як кількість населення, незважаючи на зростання трудового потенціалу, веде до зменшення відношення наявних ресурсів на душу населення, тобто погіршення індивідуального стану гравців в разі використання неефективних стратегій по створенню нових ресурсів.

Знаходження такого ефективного шляху розвитку реалізується стратегіями $s_{GI} \in S_{GI}$ (управлінськими технологіями) гравця верхнього рівня GI , які полягають в підтримці або обмеженні використання певних технологій учасниками системи, виходячи з їх ефективності для розвитку системи. При цьому ці технології стосуються не тільки виробництва, як це було раніше. Активне поширення інформаційних технологій вимагає від всіх учасників системи застосування саме ІТ та заснованих на них високоефективних технологій в усіх сферах.

Досягнення балансу та зростання ресурсів системи забезпечує й подальше стає існування самого GI та всієї системи, якою він керує. Рівень задоволення станом системи, тобто інтересів гравця GI , може бути визначеним, зокрема, наступними логічними функціями:

$$G(t_k) = \sum_m P_{nc}(rs_m(t_k), rs_m(t_{k-1})) \alpha_m, \sum_m \alpha_m = 1, 0 \leq \alpha_m \leq 1, m = 1, \dots, M.$$

Предикати в цих сумах можуть виражати й значення індикаторів збалансованості розвитку системи (див., наприклад, [4 - 5]).

Сукупність

$$SD(t_k) = \langle \Gamma(t_k), GI, S_{GI}, G(t_k), t_k \in [t_0, T] \rangle, \quad (5)$$

будемо називати теоретико-ігровою моделлю збалансованого розвитку регіональної соціо-еколого-економічної системи.

Об'єднання (сума) таких ігор по регіонах I , яке може виконуватися як на рівні гравців GI , так і на першому рівні гри (5), що власно відображає децентралізований або централізований підходи до управління країною, й відобразатиме проблему її збалансованого розвитку. При цьому, в межах країни задачу знаходження балансу можна віднести до гравця ще більш високого рівня, який в інтересах системи країни не тільки регулює поведінку гравців GI другого (нижчого) рівня та їх коаліцій, а також вихідних коаліцій першого рівня, встановлюючи законодавчі та інші норми, але й виступає від їх імені на більш високому – міжнародному рівні, відстоюючи національні інтереси. Подальше об'єднання може включати варіанти міжнародної взаємодії.

Можемо сформулювати загальну схему формування стратегій збалансованого розвитку.

1. Визначення переліку наявних та необхідних для розвитку регіону ресурсів.

2. Визначення коаліцій та стратегій коаліцій - технологій використання ресурсів задля створення нових ресурсів по різних видах діяльності.

3. Побудова та вирішення гри (2) – (5).

4. Визначення стратегій гравця GI зі збалансованого розвитку системи та формування початкових умов гри в наступний момент часу.

Висновки

На сьогодні знаходженню балансу суперечить детермінована ринковими відносинами необхідність економічного зростання компаній, забезпечення підвищення добробуту населення тощо. Для його досягнення в економічних відносинах, в поточній життєдіяльності та у ставленні до природи необхідно поширити в життєву практику сукупний інтерес до збалансованого розвитку як основи подальшого існування дітей, внуків та правнуків. Перш за все, це - виховання усвідомленого обмеження обсягів споживання, накопичення та збагачення, чого не було раніше. Також необхідно відійти від використання суто ринкової вартості ресурсів до їх оцінки як підґрунтя сукупного збалансованого розвитку, а не забезпечення безмежного економічного зростання. Стан розвитку суспільства, країни, регіону має вимірюватися рівнем забезпеченості сукупними ресурсами. Це вимагає заміни інтересів індивідуального або корпоративного накопичення пріоритетами створення різнобічних довготривалих користностей суспільного та індивідуального значення, стимулювання створення таких цінностей.

Сьогодні, як ніколи досі, суспільство знайшло нові основи для подальшого розвитку за рахунок впровадження новітніх технологій, які ґрунтуються на інформаційних технологіях, за допомогою яких можливо не тільки відпрацювати напрямки подальшої еволюції, але й забезпечити відповідні практичні засоби. Аналіз використання таких засобів, практичного аналізу побудованої моделі збалансованого технологічного розвитку продовжується в подальшій роботі авторів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Повестка дня на XXI век. Принята Конференцией ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро. 3–14 июня 1992 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/agenda21.shtml.
2. Global Sustainable Development Report – Executive Summary: Building the Common Future We Want. New York: United Nations Department of Economic and Social Affairs, Division for Sustainable Development. 2013, [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sustainabledevelopment.un.org/globalsdreport>.
3. Боссель Х. / Показатели устойчивого развития: Теория, метод, практическое использование / Международный институт устойчивого развития. – Тюмень: Издательство Института проблем освоения Севера СО РАН, 2001. – 121 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ipdn.ru/izdaniya-instituta/bossel/soderzhanie/>.
4. Measuring Sustainable Development, United Nations Economic Commission for Europe New York and Geneva, 2009. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://unstats.un.org/unsd/broaderprogress/pdf/Measuring_sustainable_development%20%28UNECE,OECD,Eurostat%29.pdf.
5. Сталий розвиток регіонів України / науковий керівник М.З. Згуровський. – К.: НТУУ «КПІ», 2009. 197 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.activity.wdc.org.ua/ukraine/Isd_ukr-2400dpi-10.pdf.
6. Полумієнко С.К., Рыбаков Л.О. Основні концепції теоретико-ігрової моделі сталого розвитку // 13 Міжнародна конференція «Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях. Київ-Пуща-Водиця, 2014. С. 233–244.
7. Polumiienko S., Rybakov L., Trofymchuk O. The Game-Theoretical Approach to the Simulation of Sustainable Development Strategies // Journal of Earth Science and Engineering, 3 (2013), pp. 337–340.
8. Полумієнко С.К. О расширениях коалиционных игр // Кибернетика и системный анализ. – 1992. – N 1. – С. 107–115.
9. Данилов В.И. Лекции по теории игр. – М.: Российская экономическая школа, 2002. – 141 с.
10. Ауман Р., Шепли Л. Значения для неатомических игр. – М.: Мир, 1977. – 357 с.

Стаття надійшла до редакції 24.03.2015

УДК 342.1:338.45.003.5

І.В. КРЕМЕНОВСЬКА, О.А. СВЯТОГОР

**ВИПАДКИ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ МАТЕМАТИЧНОГО
МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ФАЛЬСИФІКАЦІЇ НАУКОВОГО ПІДГРУНТЯ
РЕГУЛЮВАННЯ ЧИСЕЛЬНОСТІ БРОДЯЧИХ (БЕЗПРИТУЛЬНИХ)
ТВАРИН**

***Анотація.** У статті здійснено критичний перегляд застосовуваних в Україні методів регулювання чисельності бродячих тварин, зокрема собак. За результатами аналізу соціально-економічних витоків проблеми, положень чинних нормативно-правових актів і прикладів із правозахисної практики показано негативні наслідки реалізації програми «Відлов – Стерилізація – Повернення» та виявлено її шахрайські складові. Спростовано основні положення дотепер використовуваної як наукове підґрунтя математичної моделі управління чисельністю популяції.*

***Ключові слова:** математичне моделювання, популяція, управління чисельністю, притулок, бродячі тварини, біологічна стерилізація, собаки, шахрайство.*

Вступ

Забезпечення сталого розвитку наукового і науково-технічного потенціалу України, створення і запровадження інновацій в усіх сферах суспільного життя потребує докладання значних інтелектуальних зусиль задля досягнення прогресивних змін і такого ладу, за якого наукові досягнення спрямовуються на розв'язання наявних завдань і підвищення добробуту громадян, якості й рівня життя всіх членів суспільства, але не на створення нових проблем і факторів ризику. На цьому неодноразово було акцентовано увагу в попередніх публікаціях, де йшлося про необхідність підвищення відповідальності науковців перед суспільством за недотримання ними етичних вимог і норм [1], про наслідки байдужості ініціаторів «реформ» і безвідповідальності розробників найрізноманітніших «пропозицій» до результатів впровадження в господарську діяльність запропонованих ними «покращень», що здатні неминуче призвести, зокрема до повного знищення малого та середнього бізнесу [2], а також про боротьбу у напрямі викорінення ганебної практики підготовки та захисту фальсифікованих і відверто шахрайських «досліджень», автори яких мають метою лише задоволення власних амбіцій [3]. Водночас, у згаданому йшлося виключно про зниження якості результатів досліджень в галузі юриспруденції, де використання математичних методів наразі не дістало такого широкого використання, як у деяких інших галузях спеціальних знань. Однак і в інших галузях науково-технічної діяльності – наприклад, у медицині, сільському господарстві, екології, хімії чи біології, та шкода, що її може бути заподіяно для країни в цілому одним лише неправильним вибором і неадекватним використанням математичних моделей, матиме катастрофічні наслідки: від створення загрози для життя і здоров'я людей – аж до повної руйнації цілих сфер діяльності чи наскрізне пронизування їх корупцією із «запровадженням», замість

прогресивних реформ, шахрайських схем для збагачення окремих зацікавлених осіб.

Зокрема, у межах предмету дослідження було проаналізовано зміст «дисертації» російського біолога О.В. Сорокіної за темою «Совершенствование методов сдерживания воспроизводства бездомных животных в крупных населенных пунктах» [4], і на цій підставі викладено відповідні висновки про антинауковий характер запропонованої авторкою «математичної моделі управління чисельністю популяції, рівняння якої визначають інтенсивність відлову та стерилізації тварин з умов оптимізації за заданим критерієм».

Науково-теоретичним підґрунтям для написання цієї статті стали наукові праці і публікації українських вчених різних галузей знань, якими було актуалізовано цю проблематику – Н.С. Василик, В.А. Дорошка, В.В. Любого, С.В. Павленко, О.В. Пономаренко, Л.В. Пероцької, М.П. Пруса, О.І. Рудь та інших науковців. З огляду на міждисциплінарний характер проблематики, це дозволило сформулювати доводи щодо необхідності відмови від практики повернення на попереднє місце проживання раніше відловлених бродячих тварин унаслідок відсутності надійного наукового підґрунтя для цього і через наявність чинників реальної і потенційної небезпеки для життя, здоров'я та майна громадян.

1. Соціально-економічні витоки проблеми

Сьогодні практично скрізь – на вулицях міст і інших населених пунктів можна бачити таких, що вільно переміщуються, бродячих собак із характерною прикметою – наявністю жовтої кліпси (бирки) на вусі. Це означає, що такі тварини пройшли через широко застосовувану у нашій країні програму «Відлов – Стерилізація – Повернення» (далі – ВСП). Тварини трапляються як одиночні, так і у зграях, де також є і некліпсовані особини. Своїм перебуванням у дворах, на території лікувальних і навчальних закладів, на дитячих майданчиках або навіть у парадних житлових будинків собаки не лише не додають комфорту місцевим мешканцям, але і завдають шкоди їхньому майну, а також створюють загрозу для життя і здоров'я людей.

Збільшення контактів між тваринами внаслідок міграції населення, ввезення з інших регіонів собак і котів, не адаптованих до місцевих умов, антисанітарний стан місць їх виходу та неконтрольована кількість бродячих тварин впливають на поширення різноманітних ектопаразитарних захворювань, - висновок О.В. Пономаренко [5, с. 3].

Також собаки є носіями збудників таких інфекційних хвороб, як сказ (надзвичайно небезпечної інфекційної хвороби тварин і людей, яка спричинюється вірусом і характеризується ураженням центральної нервової системи та закінчується летально) [6], бабезіоз (піроплазмоз) [7; 8], дирофіляріоз [9], дерматит і інші хвороби шкіри [10] тощо.

Залишається актуальною і проблема лептоспірозу – з цього питання О.І. Рудь за результатами проведеного нею дослідження підкреслює, що лептоспіроз є зооантропонозом, від якого може загинути і людина: «Якщо раніше собаки, хворі на лептоспіроз, підлягали знищенню, то зараз таких тварин лікують. В Україні також існує серйозна проблема із безпритульними

тваринами, які залишаються одним із головних резервуарів збудника та сприяють розповсюдженню захворювання завдяки тривалому безсимптомному лептоспіроносійству. Цей факт відіграє значну роль у збереженні патогенних сероварів, формуванні вогнищ інфекції та розповсюдженні захворювання за їх межі» [11, с. 3].

Як наводить В.В. Любий, все частіше у хірургічній практиці зустрічаються травми, що нанесені тваринами: ушкодження обличчя складають до 12% у структурі поранень м'яких тканин, а у структурі травм щелепно-лицьової ділянки їх кількість досягає 26%. Найбільш часто від укусів тварин страждають діти. За різними даними, діти віком до 15 років складають близько 60% від загальної кількості хворих з ранами, які завдано тваринами, 20% усього дитячого населення хоч би один раз були травмовані тваринами. Поранення голови, обличчя та ший складають від 15 до 82% випадків травм, які спричинено тваринами дітям [12, с. 3].

Однак, незважаючи навіть на наявність таких ризиків і небезпек, в Україні протягом багатьох років залишаються нерозв'язаними покладені на державу, в особі її органів, конституційні завдання із забезпечення безпеки та захисту життя і здоров'я громадян, а про повне усунення джерел такої загрози – бродячих хижаків, узагалі не йдеться. Причиною такого стану справ є те, що «науковим підґрунтям» для реалізації заходів з регулювання чисельності бродячих (безпритульних) тварин слугують нічим не обґрунтовані розрахунки ідеологів цієї практики, зокрема висновки російського автора О.В. Сорокіної про те, що нібито необхідна (та навіть заявлена як «бажана») кількість бродячих собак на одиницю площі повинна становити 20 голів на 1 км² [4, стор. 113]. За умов відсутності в Україні наукових досліджень з цієї тематики, запропоновану О.В. Сорокіною теорію наразі спростовано не було, й тому окремі її положення, на жаль, досі використовуються у нашій країні.

2. Аналіз положень нормативно-правових актів

Відповідно до визначення, що закріплено у нормах-дефініціях ст. 1 Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження», безпритульні тварини – домашні тварини, що залишилися без догляду людини або утворили напіввільні угруповання, здатні розмножуватися поза контролем людини. У ст. 16 зазначеного Закону зафіксовано, що регулювання чисельності диких тварин і тварин, що не утримуються людиною, але перебувають в умовах, повністю або частково створюваних діяльністю людини, здійснюється методами біостерилізації або біологічно обґрунтованими методами, а в разі неможливості їх застосування – методами евтаназії. Своєю чергою, у ст. 1 також визначено поняття біостерилізації як позбавлення тварини хірургічним шляхом здатності до відтворення потомства (репродуктивної здатності).

Для вирішення проблеми регулювання кількості бродячих (безпритульних) тварин органам місцевого самоврядування Законом України «Про захист тварин від жорстокого поводження» надано можливість створення притулків для тварин (ч. 2 ст. 15) і створення комунальних служб або підприємств з питань утримання або поводження з домашніми тваринами для забезпечення вилову та тимчасової ізоляції собак, котів та інших

домашніх тварин (ч. 4 ст. 24) [13]. Серед повноважень, якими наділяються органи місцевого самоврядування в цій сфері, слід виділити, передусім, установлення правил утримання собак і котів (ч. 2 ст. 9). Наприклад, Рішенням Київської міської ради «Про затвердження Київської міської програми контролю за утриманням домашніх тварин та регулювання чисельності безпритульних тварин гуманними методами на 2012 – 2016 роки» від 05 квітня 2012 р. № 382/7719, ініціатором розроблення якої було Головне управління екології та природних ресурсів виконавчого органу Київської міської ради (Київської міської державної адміністрації), передбачено загальний обсяг фінансових ресурсів, необхідних для реалізації Програми, що становить 117178,808 тис. грн., з них коштів бюджету м. Києва – 108868,608 тис. грн., коштів інших надходжень – 8310,2 тис. грн. Учасниками (співвиконавцями) Програми є: Головне управління екології та природних ресурсів; комунальне підприємство «Центр ідентифікації тварин»; комунальне підприємство «Притулок для тварин»; комунальне підприємство «Київська міська лікарня ветеринарної медицини»; громадські організації.

До основи даної Програми було закладено три основні складові «гуманного регулювання чисельності тварин»: 1) відлов; 2) стерилізація, щеплення від сказу (на 3 роки), ідентифікація відловлених тварин (чіпування і кліпсування); 3) повернення тварини на колишнє місце проживання за умови наявності опікуна. Поняття «опікун тварини», яке не розкривається в жодному з чинних законодавчих актів, довільно трактується розробниками Програми в такому розумінні: «фізична особа, підприємство, установа, організація незалежно від форм власності, громадські і благодійні організації, що опікуються тваринами на волонтерських засадах і несуть відповідальність за стан тварини». Таким чином, опікун тварини несе відповідальність лише за фізичний стан тварини, тоді як про заподіяну нею шкоду, що було чи потенційно може бути спричинено людям унаслідок, наприклад, зараження інфекційними хворобами, нападу, завдання травм тощо, не йдеться взагалі. Далі, зміст поняття «опіка над твариною», відповідно, запропоновано розуміти як «догляд за опікуваною твариною для забезпечення її біологічних, видових та індивідуальних потреб, забезпечення заходів з профілактики захворювань тварини та спрямованих на недопущення її неконтрольного розмноження без зміни її ареалу перебування», а до опікуваних тварин віднесено підданих щепленням та стерилізації собак і котів, які «...перебувають під опікою фізичних осіб, підприємств, установ, організацій незалежно від форм власності, громадських і благодійних організацій в умовах повністю або частково створених діяльністю людини».

У Розділі 2 зазначеної Програми згадується й документ, який діяв до її ухвалення – попереднє рішення Київської міської ради від 25.10.2007 р. № 1080/3913, яким було ухвалено Програму регулювання чисельності безпритульних тварин гуманними методами на 2008 – 2011 рр. (що також передбачала вилов і масову стерилізацію безпритульних тварин з подальшим їх поверненням на місця попереднього перебування) та нові Правила утримання собак і котів у Києві. Водночас констатовано, що «...недооцінка зазначених чинників, які сприяють запобіганню неконтрольованому розмноженню тварин, а також неналежний рівень організаційного та фінансового забезпечення унеможливили реалізацію заходів, передбачених вищезгаданими нормативно-правовими актами». При цьому навіть побічно

не згадувалося про оцінку шкоди та небезпеки, що виходить від бродячих собак, яких не стало менше на вулицях столиці. Не згадується і про факти нападу їх на людей, як не наводиться і даних про кількість жертв і постраждалих, про випадки масового поширення таких небезпечних захворювань, як сказ, правець, моноцитарний ерліхіоз та ін. Іншими словами, акцент в обґрунтуванні запланованих заходів було зміщено в бік суто фінансових питань, і це є свідченням лише зацікавленості окремих структур і громадських організацій у доступі до участі в розподілі коштів, які виділяються на реалізацію Програми.

Стосовно такої складової Програми ВСП, як «П» – повернення тварин до попереднього місця проживання, достатньо навести лише один показовий приклад. Одним з авторів цього дослідження, О.А. Святогором, нещодавно було проведено нескладний правовий експеримент.

Так, у самому центрі м. Києва поблизу Адміністрації Президента України розташовано школу № 94, та поруч знаходиться станція метрополітену «Хрещатик». В цьому місці «добрі люди» пригодували зграю собак. Маючи власне уявлення, яким чином має виглядати європейська столиця, О.А. Святогор вирішив особисто звернутися зі скаргою на бездіяльність працівників школи та метрополітену, які нічого не робили задля прибирання небезпечних тварин.

За декілька днів тварин прибрали (вони зникли). Далі починається саме найцікавіше: О.А. Святогор, знаючи про те, що в місті Києві реалізується програма ВСП, звертається до КП «Притулок для тварин» (котре мало здійснювати відлов) з вимогою про повернення «стерилізованих та сумирних» тварин до місця їх «природного помешкання». Оскільки комунальники не відповідали на запит, О.А. Святогор звернувся до Подільського районного суду м. Києва з доволі рідкісною на наш час позовною вимогою – зобов'язати повернути тварин на місце. Порушення своїх інтересів О.А. Святогор вбачав у тому (і доводив свою позицію відповідними листами Київської міської державної адміністрації), що тварини на вулиці є частиною екосистеми, запах їхньої сечі відлякує гризунів, а самі собаки несуть значне гуманітарно-естетичне навантаження. З великим подивом О.А. Святогор в судовому засіданні дізнався, що «тварини повернуті під опіку працівників метрополітену та школи» (відповідь навіть було проілюстровано відповідними актами про отримання тварин під опіку з підписами представників сторін).

Однак, не побачивши собак «в натурі» та дивуючись, яким чином школа та метрополітен могли здійснювати опіку над тваринами (на що мають бути відповідні статутні повноваження, фінансування, коло досвідчених у спілкуванні з тваринами фахівців), автор вже звернувся з цими ж питаннями до школи, метрополітену, управління освіти, відділу безпеки на транспорті із запитанням про те, ким саме було надано дозвіл брати собак під опіку.

Ще більшої інтриги вдалося досягнути, вивчивши відповіді школи та метрополітену, які категорично заперечили факт опікунства, а ознайомившись з актами прийому тварин під опіку, заперечили свої підписи та печатки під актами.

Тобто, посадові особи КП «Притулок для тварин», розуміючи протиправність своїх дій з викидання тварин на вулицю (тим більше поблизу Адміністрації Президента України та поблизу інших центральних органів

влади) банально знищили відловлених собак, не забувши при цьому отримати гроші за «стерилізацію, відлов, переміщення, лікування» і зробивши видимість передачі тварин під опіку школі та метрополітену, задля чого підробили документи (до теперішнього часу за цим фактом триває перевірка, що її провадить прокуратура Подільського району м. Києва).

Саме так банально і невігадливо (але загалом правильно, за виключенням елементу «приписок» і отримання бюджетних коштів) насправді вирішуються проблеми зменшення чисельності тварин.

Таким чином, правозастосовна тактика й технологія «доведення від зворотного» (вона ж «доведення ситуації до абсурду») завжди є ефективною та показовою: у разі, коли та чи інша штучна псевдоправова конструкція не відповідає законодавству, основам права, моралі, здорового глузду – така конструкція ламається на очах.

3. Приклади фальсифікації О.В. Сорокіною математичної моделі управління чисельністю популяції та спростування висновків про переваги стерилізації

«Оригінальність» авторського підходу О.В. Сорокіної до вивчення проблематики вдосконалення шляхів стримування відтворення бездомних тварин у крупних населених пунктах кидається в очі вже з перших рядків Вступу до «дисертації», де однією з відправних точок дослідження є згадка про кризу, в яку повергнув Росію «мимовільний розпад СРСР» (стор. 6). Це виглядає дивно з огляду на те, що такі питання зачіпаються у царині абсолютно іншої галузі знань – біології, а біологи краще за всіх інших зазвичай мають знати, що мимовільними можуть бути, хіба що, деякі фізіологічні процеси у випадку наявності чи розвитку патологій. Однак виходячи з цієї тези, авторка твердить, що це призвело до різкого зубожіння населення та, як наслідок, зростання кількості безпритульних собак і котів (стор. 6), що при цьому нічим не підтверджується та залишається тільки суб'єктивною думкою О.В. Сорокіної.

На стор. 6 наведено єдине в усьому тексті твердження, що можна вважати загалом справедливим: бездоглядні тварини є потенційним джерелом поширення заразних і незаразних хвороб, що називаються зооантропонозами. Проте суперечливими є подальші твердження, що їх використовує авторка для демонстрації актуальності обраної проблематики: на її думку, бездоглядних тварин не можна прибирати з вулиць, оскільки внаслідок цього зростає їх агресивність, збільшується чисельність, підвищується ризик поширення інфекційних хвороб і спотворюється розвиток психіки людини (стор. 6 – 7). Метою роботи було визначено створення науково обґрунтованих, гуманних методів управління чисельністю бродячих тварин, для яких ареалом проживання є крупні населені пункти (стор. 7).

Серед положень, які виносилися на захист, зазначено такі: математична модель управління чисельністю популяції бродячих собак у крупних населених пунктах; методика дослідження кількісних і якісних показників популяцій бездомних тварин; спосіб верифікації моделі; стратегії управління чисельністю популяції бродячих собак (стор. 8). Незважаючи на те, що у темі

дисертації використано загальний термін «тварини», фактично в усьому змісті роботи йдеться лише про один їх вид – собак, зокрема бродячих.

Подальший аналіз змісту інших структурних елементів «дисертації» показує, що використання замість фахової наукової термінології експресивних слів, що не відповідає вимогам дотримання наукового (а не публіцистичного чи якогось іншого) стилю викладу тексту, емоційно забарвлених речень і тверджень у формі гасел для підтвердження запропонованих заходів з «гуманного регулювання чисельності» бродячих тварин є єдиною формою аргументації авторки. Водночас, у «дисертації» створюється видимість наукового обґрунтування висунутих авторкою тез, і при цьому значний обсяг відведено для викладу математичних і статистичних формул і результатів проведення розрахунків.

Під час вивчення соціально-економічних передумов зростання чисельності популяцій бродячих тварин, О.В. Сорокіна навела ціни на основні продукти харчування (стор. 15), статистичні дані стосовно змін рівня бідності населення Росії, індексу цін та розміру місячної пенсії (стор. 16 – 17), та на цьому підґрунті твердить, що в ситуації, яка склалася, більшість пенсіонерів похилого віку виявилися нездатними прогодувати «свого четвероногого друга» та змушені були відправити його на самостійне життєзабезпечення. Це твердження не відповідає дійсності, оскільки немає відношення до попередньо викладеного авторкою матеріалу й нічим не доведено.

Далі О.В. Сорокіна переходить до питання про обґрунтування необхідності управління чисельністю популяцій бродячих тварин у крупних населених пунктах. Тут вона не обходить увагою проблему потенційної небезпеки бродячих тварин і перераховує види інфекційних та інших захворювань, носіями збудників яких є бродячі собаки, коти, а також щури (стор. 18). Разом з тим, на цій підставі авторка знову повторює раніше висловлені нею тези і доводи про те, що бродячих тварин не можна прибирати з вулиць, і називає економічно не виправданою процедуру відлову та умертвіння бездоглядних собак, яка, на її думку, передбачає великі витрати коштів (стор. 19 – 20). Нижче авторка погоджується сама із собою: «Изложенное заставляет согласиться с тем, что главная роль в пресечении распространения бродячими животными инфекций должна принадлежать профилактическим мероприятиям: вакцинации – как способу контроля за распространением инфекций и стерилизации – как методу, сдерживающему бесконтрольное размножение популяции бродячих животных» [4, стор. 20]. Після цього нею стисло викладено аргументи «за» та «проти» стерилізації і власну позицію з цього питання (стор. 20 – 21). Втім, О.В. Сорокіна пропонує стерилізувати не всіх собак, а лише певну їх частину, про що далі йтиметься окремо.

Викладення власних розмірковувань щодо проекту організації гуманних методів управління чисельністю бродячих тварин на прикладі м. Ростов-на-Дону О.В. Сорокіна розпочинає з історії про те, як «Общество защиты животных города Ростова-на-Дону при непосредственном участии автора представило городской администрации обоснование необходимости создания первого в истории города муниципального приюта для бродячих и потерявшихся животных» [4, стор. 22]. Мету, завдання та обґрунтування згаданого проекту, в тому числі етапи реалізації та очікуваний ефект

наведено на стор. 22 – 25. При цьому варто зазначити, що сформульовані авторкою аргументи на обґрунтування переваг стерилізації не витримують ніякої критики з погляду етичних норм, однак більш детальний їх аналіз виходить за межі цієї статті, а тому вбачається доцільним окремо зупинитися на питаннях економічного обґрунтування програми стерилізації тварин (стор. 25 – 27). Як видно, даний підрозділ дисертації має невеликий обсяг – всього близько трьох сторінок, а містяться у ньому лише відомості щодо розрахунку витрат на стерилізацію; при цьому викликає подив те, що для позначення зграї собак у кількості 3 – 5 особин авторкою використовується поетичний епітет «сім'я» і з огляду на це наведено висновок: «Изложенный экономический расчет говорит в пользу метода стерилизации в регулировании численности бродячих животных» [4, стор. 27].

Про призначення математичного моделювання в біології йдеться у підрозділі 1.6 «дисертації» (стор. 28 – 37). Після цього О.В. Сорокіна переходить до опису видів моделей та їхніх характеристик, про що йдеться аж до стор. 42 включно. Стосовно цього слід зауважити таке: якщо у попередньому підрозділі «дисертації» згадувалося про математичну статистику, а серед методів моделювання біологічних процесів авторкою названо рівняння прямої лінії або параболи і гіперболи (стор. 37), ймовірнісні (стохастичні) моделі динаміки популяцій (стор. 38), диференціальні рівняння, пов'язані з теорією Мальтуса (стор. 39), рівняння Ферхюльста – Перла (стор. 39), залежності, які авторкою запропоновано умовно називати залежностями Вольтерра – Лотка (стор. 40), модель Холлінга – Тернера тощо, то у наступному розділі всі їх відкинуто. Натомість, у Главі II, що присвячено моделюванню управління чисельністю бродячих тварин у крупних населених пунктах, О.В. Сорокіна без попереднього пояснення та без будь-якої згадки про застосування в біології методи математичної статистики та моделі біологічних процесів одразу наводить запропоноване нею відношення:

$$x(t) = \frac{N(t)}{S}, \quad (1)$$

де також пропонується введення величини D (у формулі не згадується – прим. І.К.), що означає область проживання популяції, яка розглядається та яку О.В. Сорокіна пропонує вважати зв'язаною топографічною множиною, а площу S області D називати її ареалом; кількість особин досліджуваної популяції, які знаходяться у момент часу t на території S , називається чисельністю популяції. Цю величину авторка пропонує умовно позначати як N , а відношення (1) – середньою щільністю популяції у момент часу t в області D [4, стор. 43].

Далі запропоновано виділити у межах певної точки A області D довільний малий, порівняно із S , елемент із площиною ΔS . Якщо на ΔS у певний момент часу t знаходиться $\Delta N(t)$ особин, то величина

$$x(t) = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta N(t)}{\Delta S} \right) \quad (2)$$

називається щільністю популяції на момент t у точці A ареала S [4, стор. 43 – 46] і т.д.

Шляхом такого штучного нагромадження розмаїття формул, лінійних рівнянь, інтегралів, матриць тощо (стор. 47 – 81), по суті, створюється видимість підкріплення висновків О.В. Сорокіної результатами застосування математичних методів моделювання чисельності бродячих тварин.

До теперішнього часу не вдавалося спростувати цих квазіматематичних «викладок», і головною причиною цього, на нашу думку, була не їхня складність і перевантаженість великою кількістю формул (з яких переважна більшість є такими, що не мають відношення до методів розв'язання завдань «дослідження»), а саме їх абсурдність – як за формою та структурною побудовою (композицією) тексту «дисертації», так і за змістом.

В Україні біологи та фахівці в галузі ветеринарії широко використовують методи математичного моделювання, але не для обґрунтування «корисності» бродячих собак, а навпаки: наприклад, С.В. Павленко у процесі виконання дослідження гельмінтозів собак міських популяцій проводилася математично-статистична обробка одержаних результатів згідно з рекомендаціями по біометрії. Було змодульовано дитячу пісочницю, для чого площадку розміром 4 м² заповнили шаром (15 см) річкового піску. На нього розсіяли 200 г фекалій, відібраних від собак, інвазованих *Toxascaris leonine*, добре перемішали всю масу піску і розділили на чотири рівні фрагменти. Частки за №№1, 2 та 3 обробили 1,5% водним розчином бровадезу-20 з розрахунку по 1, 1,5 і 2 л розчину відповідно на кожну, а №4 зволожили двома літрами проточної води. Всю поверхню накрили плівкою. Через добу з різних місць кожного фрагменту відбирали по 10 чайних ложок піску (50 г) і такі збірні проби досліджували методом, як і зскрібки із вольєрів. Установлювали кількість яєць гельмінтів в пробах і вираховували середню наявність їх в одному грамі піску. Потім, по 20 екземплярів яєць від кожної проби в чашках Петрі з водою поміщали в термостат та культивували протягом 2 тижнів при температурі +24°C за методикою П.А. Астаф'єва (1986), після чого мікроскопією визначали ступінь розвитку (життєздатність) яєць (з урахуванням деформації зародка і личинки) [14].

Викладене О.В. Сорокіною бачення розв'язання проблеми не відповідає темі її «дисертації», оскільки фактично нею запропоновано обґрунтування створення притулку для бродячих собак і викладено емоційні аргументи на користь стерилізації цих тварин для подальшого випуску до місця попереднього проживання, тоді як у формулюванні теми заявлено більш широкий предмет дослідження – регулювання чисельності популяції бродячих тварин.

До теперішнього часу прийнято вважати, що стерилізація (кастрація) нібито здатна позитивно позначитися на стані здоров'я тварин і усунути деякі вади поведінки, зокрема знизити агресивність, як це висновується у «дисертації» О.В. Сорокіної 2001 р. Однак при цьому не береться до уваги висновків за результатами подальших наукових розроблень з цієї проблематики: так, українським ученим – фахівцем у галузі патологічної фізіології В.А. Дорошком ще 2006 р. було завершено ґрунтовне дослідження (захищено у Тернопільському державному медичному університеті ім. І.Я. Горбачевського), і отримані ним результати свідчать, що «...дефіцит статевих гормонів має неоднозначний вплив на постішемичні зміни фібрино-та протеолітичної активності, зумовлені неповною глобальною ішемією

мозку. Він залежить від віку тварин та структури мозку. Таким чином, сукупність отриманих даних не залишає сумнівів щодо тісних взаємозв'язків між рівнем статевих гормонів сім'яників і наслідками ішемічно-реперфузійного пошкодження мозку та наявності їх вікових особливостей [15, с. 16]. Отже, це спростовує і поширену тезу про «гуманність» такого способу регулювання чисельності тварин, оскільки фактично після операції собаки, що їх «повернуто до середовища проживання», приречені на повільну та болісну смерть унаслідок розвитку хвороб, які спричиняють ураження серцево-судинної системи та мозку. Слід враховувати також і існування інших загрозливих чинників, які призводять до загибелі тварин у «середовищі проживання»: інфекційні хвороби, голод, брак або відсутність води, дії високих і низьких температур, дорожньо-транспортні пригоди, ураження електричним струмом, отруєння хімічними речовинами, спричинення травм унаслідок нападу більш сильних особин тощо.

Забезпечити ефективність заходів щодо регулювання чисельності бродячих тварин можна тільки одним способом: їх виловом без подальшого повернення, – такі пропозиції вже було аргументовано у попередніх публікаціях [16, с. 99 – 102].

У більшості цивілізованих країн тварини, що з тих чи інших причин залишилися без хазяїна, зазвичай містяться у притулках протягом нетривалого терміну, після закінчення якого, якщо тварину не вдалося повернути колишньому власникові або знайти для неї нового, приймається рішення про евтаназію. Так, наприклад, законодавство Німеччини з питань захисту прав тварин не містить вимог щодо повернення безпритульних тварин на місце їхнього відлову після проведення відповідних процедур. «Заходи стерилізації безпритульних тварин, які у Німеччині стосуються виключно кішок, здійснюються не на підставі законодавства з питань захисту прав тварин, а відповідно до законодавства про безпеку громадського порядку і поліцейську службу федеральних земель», – ідеться з відповіді Посольства Федеративної Республіки Німеччина (лист від 14.11.2012 р. б/н, м. Київ), адресованої О.А. Святогору на його відповідний запит щодо надання роз'яснення з цього питання.

Також загальновідомо, що на вулицях крупних населених пунктів розвинених країн Європейського континенту й Північної Америки, а також Австралії та деяких інших не трапляється випадків вільного проживання бродячих собак, оскільки там це не вважається і не може вважатися, за жодних умов, нормою життя.

Висновки

Підсумовуючи викладене, слід навести влучний вислів видатного політичного діяча, дипломата і філософа, одного із засновників США і третього президента цієї країни Томаса Джефферсона: «...Хай для світу це буде – і я вірю, що так і станеться (в одних частинах раніше, в інших пізніше, але рано чи пізно так буде скрізь) – сигналом до пробудження та розривання кайданів, якими чернече невігластво та забобони переконали людей скувати себе, та до прийняття благ і безпеки самоврядування» [17, с. 255]. У боротьбі розвинених і процвітаючих сьогодні країн за власну незалежність, у тому числі заради звільнення від нав'язаних ідеологій і штампів, було здобуто не

лише цінний досвід, але і плекання того особливого переможного духу, що його варто перейняти для досягнення добробуту нашої країни та створення комфортних умов для життя всіх громадян.

Подальше здійснення реформ в економічній, гуманітарній, соціальній, оборонній, екологічній та інших сферах має передбачати також і здійснення ґрунтовного критичного перегляду тих базових засад, на яких було засновано діяльність як окремих державних і комунальних структур, так і недержавних організацій з числа тих, які користуються наявністю тих чи інших прогалин у правовому регулюванні та використовують для надання своїй діяльності легітимного вигляду фальсифіковані, псевдонаукові та забобонні технології, зокрема тим самим нівелюючи цінність такого важливого здобутку науки, як методи математичного моделювання. Не існує такої математичної формули, як не існує й не може існувати кимось заздалегідь визначеної та «науково обґрунтованої» необхідної кількості бродячих хижаків на одиницю площі в українських містах і інших населених пунктах. Точніше, може існувати лише одне таке порогове значення, і воно дорівнює числу «0». Моделювання прогностичних значень розвитку популяцій тварин, як і будь-яких інших біологічних видів, має слугувати меті забезпечення екологічної безпеки, запобігання зникненню видів тварин, морських організмів, комах і рослин, які занесені до Червоної книги України, захисту біологічного розмаїття тощо, оскільки саме це відповідає інтересам усього суспільства.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кременовская И.В. «Девальвация» ведомственной науки МВД Украины: проблемы применения мер юридической ответственности / И.В. Кременовская // Проблемы борьбы с преступностью и подготовки кадров для правоохранительных органов : тезисы докладов международной научно-практической конференции (г. Минск, 4 апреля 2013 г.). – С. 305–306.
2. Отзыв на монографию Е.В. Петрова «Феменология административно-хозяйственного права Украины» / В.А. Устименко, В.К. Мамутов, И.В. Кременовская // Економіка та право. – 2013. – № 3. – С. 159–162.
3. Кременовська І.В. «Метод каналізації», або Чи потрібні вітчизняній правовій науці такі «дослідження»? / І.В. Кременовська // Економіка та право. – 2014. – № 1. – С. 122–127.
4. Сорокина А.В. Совершенствование методов сдерживания воспроизводства бездомных животных в крупных населенных пунктах : дис. ... канд. биол. наук : 16.00.06 / Сорокина Александра Валентиновна. – П. Персиановский, 2001. – 147 с.
5. Пономаренко О.В. Акарози собак і котів (поширення, діагностика та лікування): автореф. дис. ... канд. вет. наук : 16.00.11 / Пономаренко Ольга Вікторівна; УААН. Нац. наук. центр «Ін-т експерим. і клініч. вет. медицини». – Харків, 2008. – 22 с.
6. Перицька Л.В. Особливості перебігу епізоотичного процесу сказу тварин у південному регіоні України: автореф. дис. ... канд. вет. наук : 16.00.08 / Перицька Людмила Вадимівна; Одес. держ. аграр. ун-т. – Одеса, 2008. – 23 с.
7. Прус М.П. Бабезіоз собак (епізоотологія, патогенез та заходи боротьби): Автореф. дис. ... д-ра вет. наук : 16.00.11 / Прус Михайло Петрович; Нац. аграр. ун-т. – К., 2006. – 39 с.
8. Ткачук І.Г. Особливості перебігу та лікування бабезіозу в собак / І.Г.Ткачук, В.Б. Борисевич, Б.В. Борисевич [та ін.] // Ветеринарна медицина України. – 2008. – № 6. – С. 17–19.

9. Василик Н.С. Морфофункціональні зміни та адаптаційно-компенсаторні реакції в організмі собак за дирофіляріозу: Автореф. дис. ... канд. вет. наук : 16.00.02 / Василик Наталія Степанівна; Нац. аграр. ун-т. – К., 2004. – 22 с.
10. Борисевич В.Б. Хвороби шкіри у собак / В.Б. Борисевич, К.С. Медведєв, Б.В. Борисевич, Н.А. Ігнатенко // Вісник Білоцерківського держ. аграр. ун-ту. – Біла Церква, 2000. – Вип. 11, ч. 1. – С. 5–8.
11. Рудь О.І. Лептоспіроз собак (епізоотологічний моніторинг, удосконалення засобів лікування та профілактики): Ав-тореф. дис. ... канд. вет. наук : 16.00.03 / Рудь Оксана Іванівна; Нац. аграр. ун-т. – К., 2005. – 22 с.
12. Любий В.В. Лікування дітей з укушеними ранами щелепно-лицьової ділянки, які нанесені собаками (клініко-мікробіологічне дослідження): Автореф. дис. ... канд. мед. наук : 14.01.22 / Любий Віктор Володимирович; Укр. мед. стоматол. акад. – Полтава, 2004. – 16 с.
13. Про захист тварин від жорстокого поводження: Закон України від 21 лютого 2006 р. № 3447-IV // Офіційний вісник України. – 2006. – № 11. – Стор. 43. – Ст. 692.
14. Павленко С.В. Гельмінтози собак міських популяцій: поширення, терапевтична та імунологічна оцінка комплексної терапії: Автореф. дис. ... канд. вет. наук : 16.00.11 / Павленко Світлана Вікторівна; УААН. Ін-т експерим. і клініч. вет. медицини. – Харків, 2004. – 20 с.
15. Дорошко В.А. Експериментальне обґрунтування ролі статевих гормонів у перебігу ішемічно-реперфузійних пошкоджень мозку в щурів різних вікових груп: Автореф. дис. ... канд. мед. наук : 14.03.04 / Дорошко Володимир Антонович; Терноп. держ. мед. ун-т ім. І.Я. Горбачевського. – Тернопіль, 2006. – 20 с.
16. Кременовская И.В. Пути повышения эффективности мер, применяемых для регулирования численности бродячих животных на территории городов / И.В. Кременовская // Проблемы теории и практики городского управления (экономико-правовой аспект) : материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. / [НАН Украины. Ин-т экономико-правовых исследований; Редкол.: Богачев С.В. (отв. ред.) и др.]. – Донецк: Ноулидж, 2013. – С. 99–102.
17. Еліс Дж. Брати-засновники. Революційне покоління / Джозеф Еліс. – пер. з англ. Т. Цимбала. – К.: Ніка-Центр, 2014. – 296 с.

Стаття надійшла до редакції 23.03.2015

АНАЛІЗ, ОЦІНКА ТА ПРОГНОЗУВАННЯ В ЕКОНОМІЦІ

УДК 330.342.005.44+504(477)

О.Г. РОГОЖИН, Є.В. ХЛОБИСТОВ, В.О. ТРОФИМЧУК

«ЗЕЛЕНА ЕКОНОМІКА» ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА НАПРЯМИ ЇЇ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В УКРАЇНІ

***Анотація.** У статті розглянуто теоретичні основи «зеленої економіки», перешкоди для її практичного запровадження, можливості інформаційної підтримки її розвитку в Україні. Показано, що створення системи такої інформаційної підтримки доцільно розпочати з інвентаризації і економічної оцінки екологічних ресурсів задля введення їх в економічну практику. Запропоновано методичний підхід для здійснення такої оцінки методом «від зворотного». Він полягає в інтегральній оцінці екологічних витрат в регіоні за час існування розміщених там потенційно небезпечних об'єктів шляхом врахування основних складових збитків для основних реципієнтів. Цей підхід апробовано на прикладі місць видалення відходів. Подана принципова схема оцінки. Наголошено на необхідності цілеспрямованого застосування класичного інструментарію державної промислової політики для підтримки розвитку «зеленої економіки».*

***Ключові слова:** «зелена економіка», екологічні ресурси, надзвичайні ситуації, потенційно небезпечні об'єкти, оцінка збитків.*

Теоретичні основи й історичні витоки концепції

Концепція «зеленої економіки» сформувалася в економічній науці нещодавно – в останні два десятиліття. Основний постулат «зеленої економіки» полягає у тому, що економічна діяльність розглядається не поза межами навколишнього природного середовища, а як його невід'ємна частина, внаслідок чого відкривається можливість формування корисної цінності товарів та послуг у органічній єдності із станом довкілля, безпекою навколишнього середовища як для окремої людини, так і для суспільства в цілому [1]. Теоретичне підґрунтя «зеленої економіки», зокрема, детально розглянуте у роботах Т.П. Галушкіної, Л.О. Мусіної, В.Г. Потапенка та ін. Теорія «зеленої економіки» виходить з наступної аксіоматики [2]:

– неможливо нескінченно розширювати сферу впливу в обмеженому просторі;

– неможливо вимагати задоволення нескінченно зростаючих потреб в умовах обмеженості ресурсів.

З огляду на ці аксіоми необмежене економічне зростання вважається неможливим, а «ростизм» (growthism) – курсом на порушення функціональності глобальної екосистеми, екологічні послуги якої абсолютно необхідні для виживання людства (їх немає чим замінити для забезпечення фізичних умов його існування). Замість категорії «природні ресурси» пропонується використовувати категорію «природний капітал» (natural capital), динаміку якого слід явно враховувати у балансових розрахунках, розглядаючи його як актив з потенціалом збільшення продуктивності економіки і благополуччя (якості життя) людей. Відповідно, цінність природного ресурсу як економічного активу залежить не лише від величини доходу, а й від обсягу благополуччя, який він може збільшити або зменшити у довгостроковій перспективі. Згідно з результатами емпіричних спостережень, продуктивність антропогенного (створеного людиною) капіталу в глобальному вимірі все відчутніше обмежується скороченням розмірів природного капіталу (зростанням ціни антропогенно обумовленої екологічної шкоди). Тобто він розглядається як динамічне екологічне обмеження «валового» (екстенсивного) економічного зростання.

З іншого боку, «зелена економіка» передбачає зміну якості споживання та пріоритетів суспільного зростання. Її концепція виходить з того, що споживання невід'ємне від екологізації розвитку, оскільки престижність та суспільна значущість споживання спирається на дружні екологічні технології та процеси господарювання і життєдіяльності. В основу «зеленої економіки» покладено нове розуміння суспільної вартості та корисності природного ресурсу, який у постмодерніську епоху розвитку людства стає капіталом. Причому капіталізація природного ресурсу має бути і суспільною (в сенсі суспільної значущості), і фінансовою (в сенсі чіткої фінансової прив'язки).

Природний капітал складається з: життєпідтримуючих систем, зокрема біорізноманіття, відновлюваних і невідновних природних ресурсів, що використовуються людиною або мають для неї інтерес. Він стосується запасів природних активів, таких як: ґрунти і ліси, рослинний і тваринний світ, водні ресурси, біологічні види, ландшафт взагалі. Сюди ж належать екологічні ресурси підтримки життя: асиміляційна ємність екосистем, їх здатність до самоочищення і самовідтворення з урахуванням необхідності збереження певних параметрів біогеохімічних циклів і енергетичних потоків. У традиційних економічних школах природна складова економіки, жорстко обмежена в розмірах економічної пропозиції, враховується фрагментарно, як фактор виробництва «земля». У практиці сучасних макроекономічних розрахунків природний капітал також враховано лише фрагментарно, як обсяги видобутку природних ресурсів та певних видів екологічної шкоди, зокрема спричиненої викидами парникових газів [3].

Програма ООН з навколишнього середовища (ЮНЕП) дає популярне визначення моделі «зеленої економіки», як такої, що призводить до підвищення добробуту людей та зміцнення соціальної справедливості за одночасного істотного зниження ризиків для навколишнього середовища та дефіциту екологічних ресурсів. Тобто у інтерпретації ЮНЕП «зелена економіка» характеризується екологічністю (низькими викидами вуглецевих сполук, ефективним використанням природних ресурсів) та соціальністю (по максимуму задовольняє інтереси всього суспільства) й передбачає

економічне зростання у поєднанні з екологічною стійкістю [1, 4]. Виходячи з цього, основними принципами «зеленої» економічної моделі є [1]:

- рівність і справедливість витрат в часі одного покоління і між поколіннями;
- відповідність принципам сталого розвитку;
- обережність щодо соціальних наслідків і впливу на навколишнє середовище;
- врахування високої цінності природного і соціального капіталу (зокрема, завдяки інтерналізації зовнішніх екологічних витрат, «зеленого» обліку, оцінки витрат за період усього життєвого циклу підприємств і поліпшення управління);
- ефективність використання ресурсів, стійке (збалансоване) споживання і виробництво;
- відповідність макроекономічним цілям (зокрема, за рахунок створення «зелених» робочих місць, підвищення рівня конкуренції і зростання в основних галузях).

1. Внутрішня суперечливість концепції «зеленої економіки»

У книзі «Діалектика планети» нобелівський лауреат з економіки В. Сакс [5] назвав концепцію «збалансованого розвитку» (sustainable development) оксимороном, з огляду на те, що в ній закладене внутрішнє протиріччя: «як ми можемо захистити природу на основі конкуренції і економічного зростання із збільшенням споживання її ресурсів?»

Бранд Ульрих [6] цілком слушно зауважив, що концепція «зеленої економіки» може бути наступним оксимороном, оскільки її цілі і стратегії такі ж самі, як і цілі «збалансованого розвитку»: низьковуглецева економіка, ефективне використання ресурсів, «зелені» інвестиції, технологічні інновації, більший ресайклінг (переробка відходів), «зелені» робочі місця, викорінення бідності та соціальна орієнтованість (включення). Так само, всі дослідження і стратегічні розробки розглядають економічне зростання як бажане і необхідне. Також робиться особливий наголос на політичних зусиллях для її запровадження:

- уточнення цін в частині відображення (інтерналізації) зовнішніх витрат у фінансовій звітності для заохочення стійкого (збалансованого) споживання;
- запровадження економічної політики стимулювання, що сприяє поширенню «зеленого» бізнесу і ринків (фінансові інструменти);
- податкова реформа, що підтримує екологічно дружні і збалансовані практики (фіскальні інструменти);
- розширення суспільної підтримки збалансованості розвитку та збільшення енергетичної ефективності розвитку інфраструктури для збереження і збільшення природного капіталу;
- нарощування науково-дослідних програм, орієнтованих на «зелені» технології (наприклад, «чисту» енергетику);
- цільові суспільні (і державні) інвестиції у розробку програм і винаходи, що просувають самодостатній та екологічно і соціально значимий економічний розвиток (бюджетний важіль);
- гармонізація соціальних цілей з економічною політикою.

Тобто вирішення проблеми розгляється здебільшого в аспекті нормативної, а не позитивної економіки, не покладаючись на природний темп еволюційних процесів соціально-економічного розвитку.

2. Структурні перешкоди запровадженню в економічну практику

Зазвичай пишуть про великий потенціал «зеленої економіки», тоді як перешкод і протилежних інтересів ледве торкаються. На думку Бранда Ульриха, існує віра, як і на початку розмов про збалансований розвиток, що існуючі політичні і економічні інститути та еліти можуть і готові «розкрутити» цей процес. Незважаючи на те, що «зелена економіка» виглядає привабливою для відповідних соціально-економічних акторів, він наголошує на наявності об'єктивних інституційних перешкод запровадженню масштабних змін задля досягнення реальної еколого-економічної збалансованості розвитку. Він наводить очевидні аргументи для скептицизму, що заявлені цілі «зеленої економіки» можуть бути достатньо широко реалізовані [6] через: геополітичне суперництво за дефіцитні ресурси; недосконалі інститути, що не сприяють екологічно сталому зростанню; домінування соціальної орієнтації економічної діяльності на максимізацію прибутку та на ігнорування її природо-руйнівних наслідків; відсутність «зеленого» оподаткування (регуляторів пріоритетності «зелених» технологій та проектів) у всіх сферах господарства; короткозорість політичних еліт у практиці збагачення за рахунок активізації видобування мінеральної сировини та переробки природних ресурсів; глобалізаційні бар'єри для розвитку бідних суспільств, які забезпечують свою життєдіяльність виключно за рахунок експлуатації власних природних ресурсів тощо.

Зазначеним силам опору сприятиме і нинішній «обвал» цін на нафту, оскільки через нього виробники енергії з відновлювальних джерел опиняються в програвші – хто буде збільшувати витрати на енергію з альтернативних джерел, якщо традиційне паливо так подешевшало?

Тим більше, що перехід на «зелені технології» потребує величезних капіталовкладень. Порядок цифр таких витрат ілюструє проект забезпечення енергетичної самодостатності сільської гміни Кіселіце в Польщі (2,3 тис. чол) на основі вітрогенераторів та біогазових установок. Його реалізація розтяглася на понад 15 років і коштувала десятки мільйонів доларів [7]. По країні в цілому витрати перевищать десятки мільярдів доларів.

Для забезпечення успіху економічні драйвери незбалансованого виробництва мають бути усунуті, а стандарти споживання – змінені. Причому першим кроком до цього має бути визнання існування цих консервативних сил опору.

Консервативна реакція на очікувані зміни цілком закономірна, оскільки існує реальна небезпека, що стратегії «зеленої економіки» реалізовуватимуться за рахунок руйнування інших секторів, можливо навіть економіки цілих регіонів.

В контексті очікуваного «оновлюючого руйнування» важливо визначити, чи поєднує концепція «зеленої економіки» (та пов'язані з нею стратегії) політико-інституційні зміни із перебігом об'єктивних процесів еволюції соціально-економічних систем?

3. «Зелена економіка» як системна інновація

Як встановив ще Й. Шумпетер, драйвером еволюційних процесів в економіці є циклічно поступальний інноваційний розвиток – послідовна зміна базових інновацій (товарних, технологічних, організаційних, ринкових, зокрема фінансових), що з кроком у 55-60 років (К-хвилі) зумовлюють зміну панівних технологічних укладів (парадигм). Сьогодні вже загальновизнано, що процесами вищого порядку, необхідними для такого економічного розвитку, є поширення гуманітарних і соціально-політичних (культурно-інституційних) інновацій.

Спостерігається тенденція розглядати «зелену економіку» як інновацію рівнем вище, ніж шумпетеріанська економіко-технологічна. Сьогодні, дійсно, вона є здебільшого світоглядно-філософською концепцією, гуманітарною інновацією – новою ціннісною орієнтацією (екологіяція світогляду і економічних практик). Тоді виникає питання, чи може на її основі сформуватися новий технологічний уклад з новими економічними відносинами?

Якщо трактувати «зелену економіку» як ворожу глобальному вільному ринку (звісно, екологічно не збалансованому), то у наступному К-циклі вона, за визначенням, не зможе відбутися, оскільки саме вільний ринок, неспотворене цінове поле визначають пріоритетну корисність інновацій [8, с. 170-172].

Концепція «зеленої економіки» передбачає зміни в технологіях, споживчих орієнтаціях, товарній структурі, послугах, але досі нічого принципово нового не пропонує у сфері економічної теорії. Натомість її прибічники ескапістськи консервативно акцентують на межі фізичних обсягів економічного розвитку, а не на зміні його якості. Хоч сучасна інформаційна «віртуалізація» життя наочно ілюструє, що розвиток та споживання можуть концентруватися в не речовому (матеріальному) вимірі. Тобто відповідь полягає у площині того, що вважати економічними активами і якими є їх корисність.

Зміст нової К-хвилі (базової інновації), яка все ніяк не почнеться через опір попереднього «нафто-газового» технологічного укладу і пов'язаного з ним капіталу, полягає у ринковій капіталізації нового двигуна – на новому принципі перетворення енергії (такі речі відбуваються приблизно раз на 100 років). Вже є кілька прототипів такого двигуна, серед них найвідоміший – генератор Росії (холодна і малорадіоактивна термоядерна або ядерна – точно не відомо – каталітична реакція) [9]. Це – початок нової економічної епохи тривалістю у два К-цикли.

Технологічний уклад на основі, наприклад, генератора Росії передбачає повну електрифікацію всього (завдяки необмеженій пропозиції електрики та вже винайденим малим батареям величезної ємності), мініатюризацію і індивідуалізацію виробництва (завдяки комп'ютерному 3D і 4D друку). Плюс – глибоку «біологізацію» виробництва і послуг (завдяки нанотехнологіям). Питома енергоємність його буде більшою, а ресурсоємність і неекологічність, схоже, значно меншою. Але лише в тих економіках, які зможуть цей новий уклад, надзвичайно складний технологічно і організаційно, розвинути.

То яке ж місце в цьому процесі посідатиме «зелена економіка» з її соціально-екологічним імперативом? На нашу думку, вона буде інтегрована у

новий «холодноядерний» уклад як допоміжний низьковуглецевий і ресурсозберігаючий компонент, що значно прискорить екологізацію суспільної свідомості. Це буде як бічний фасад цього укладу для «бідних» відсталих економік, що спеціалізуються на відтворенні відновних і екологічних ресурсів.

Прориву екологізації в реальний пріоритет економічного розвитку (з відповідною, поки що не визначеною базовою шумпетеріанською інновацією), на нашу думку, припустимо очікувати приблизно через 60 років (через одну К-хвилю). За цей час, можливо, еволюційно «дозріють» основні передумови для глобального поширення «зеленого» технологічного укладу: загострення глобальної екологічної кризи, максимізація корисності (цінності) екологічних ресурсів життєзабезпечення, екологічних послуг (і товарів), а також – світоглядні зміни на користь екологічних ціннісних орієнтацій.

Л.М. Гумільов [10] пов'язував зміни відносин в системі «суспільство-природа» із зменшенням частки високопасіонарних індивідів в етносі (популяції) в процесі тисячолітньої коеволюції і адаптації до вміщуючого ландшафту із перетворенням його на життєздатний культурний ландшафт. Люди схильні до необмеженої експлуатації природи, хоч на стадіях молодого і активного етносу вона істотно обмежується між- та внутрішньоетнічним суперництвом (тоді люди воліють воювати здебільшого з людьми, а потім вже з природою).

Через це повсюдна зміна ціннісних орієнтацій на користь екологічних, незалежно від рівня пасіонарності і стадії етногенезу, зможе відбутися лише в жорстких умовах світової екологічної кризи – надгострого глобального дефіциту екологічних ресурсів, коли саме ця обставина достатньо налякає всі верстви всіх суспільств.

4. Якими є перспективи розвитку «зеленої економіки» в Україні?

В Україні наявні дві глобальні передумови розвитку «зеленого» сектору економіки – посилення екологічної кризи та збільшення корисності екологічних ресурсів. До них додається специфічна третя, однак економічно найвагоміша, об'єктивна передумова – гострий дефіцит вуглеводневих («коричневих») ресурсів і неможливість їх оплатити через неприпустимо високу ресурсовитратність низькоукладної національної економіки. Вирішення цієї проблеми стало пріоритетним питанням забезпечення економічної безпеки держави.

Водночас українському суспільству далеко до панування екологічних ціннісних орієнтацій. Перешкодою є також велика фінансова і корупційна сила «вуглеводневого» капіталу та велика питома вага відповідних секторів в економіці України.

Все ж, в умовах зовнішньої ресурсної та енергетичної залежності України, посиленої тим, що екологічно шкідливі технології використовуються на застарілих енергонеефективних підприємствах, лише заміна «коричневої» індустріальної економіки на нову «зелену» як стратегічний пріоритет розвитку дає шанс забезпечити національну безпеку держави в найближчі десятиліття [11]. Для цього необхідно, перш за все, стимулювання зацікавленості господарюючих суб'єктів у впровадженні

маловідходних і ресурсозберігаючих технологій, у випуску екологічно чистих («зелених») товарів, у поширенні екологічного менеджменту [12].

Застосування ринкових механізмів тут доведеться поєднувати з державним та міжнародним регулюванням економічних процесів. Саме держава має сформувати нові економічні умови ведення бізнесу, привабливі для інвестицій в розвиток нових «зелених» галузей та екологічної трансформації («озеленення») традиційного господарства [11].

Наприклад, «озеленення» сільського господарства в Україні, і перш за все господарства дрібних власників, сприятиме зниженню бідності та зростанню інвестицій у природний капітал, від якого так залежать бідні верстви населення в сільській місцевості. «Озеленення» сектора дрібних ферм за допомогою пропаганди і поширення методів ведення сталого сільського господарства може стати ефективним способом збільшення кількості продовольства, доступного для малозабезпеченого українського населення, зберігання вуглецю та виходу на зростаючий міжнародний ринок «зелених» продуктів [1].

У пріоритетні напрями запровадження «зеленої економіки» в Україні сьогодні висунулися критичні для національного виживання:

- зменшення споживання вуглеводневих енергоносіїв;
- зменшення енерго- і ресурсовитратності економіки (особливо в комунальному і сільському господарствах);
- зміни в структурі економіки на користь малоресурсовитратних галузей.

У вирішенні цих питань Україна відстала від європейських країн на понад 30 років, вона лише зараз переживає енергетичну кризу, на яку має відреагувати структурними змінами в економіці. Натомість в Європі, особливо в Німеччині, з початку 1980-х рр. десятки мільярдів були вкладені у системні перетворення з метою енерго- і ресурсозбереження (маловідходні технології, рециклінг, поводження з відходами, «зелена енергетика» – вітрова, сонячна, біопаливо), створені економічні та організаційні механізми із відповідними інститутами їх підтримки.

Для України це і добре, і погано – добре тому, що можна запозичити вже практично апробовані технології, бізнес-моделі та сформувати (із врахуванням місцевої специфіки) аналогічні інститути, а погано тому, що це доведеться робити навздогін, в умовах гострого цейтноту і дефіциту фінансів. Тоді як світ (і нас) наздоганяють нові екологічні проблеми.

І вже встигли «наломати дров», наприклад із зеленим тарифом на електроенергію – він економічно не обґрунтований, надто завищений, а базовий тариф – занижений; законодавство дискримінує домогосподарства, житлові кооперативи, малий і середній бізнес [13], лобіюючи інтереси монополістів. Необхідно миттєво відмінити всі законодавчо-адміністративні обмеження і заборони для запровадження «зеленої енергетики» (у т.ч. за потужностями) для всіх.

5. Питання інформаційної підтримки «зеленої економіки»

Запровадження «зеленої економіки» передбачає капіталізацію (монетизацію) природного капіталу. Найважче буде капіталізувати екологічні ресурси, послуги (і товари) – в силу їх абсолютної унікальності і незамінності нічим іншим. До речі, дослідження з цієї тематики вже здійснюються в Інституті

економіки природокористування та сталого розвитку НАН України, наприклад [14-16]. В основу зазначених розробок покладена ідея, що природні ресурси доцільно капіталізувати із подальшим використанням потенціалу капіталізації для забезпечення справедливого розподілу прибутків від природокористування між державою, територіальною громадою та інвестором (або власником) основних засобів, що реалізують процес використання природних ресурсів.

Маємо природну монополію, що утруднює грошову оцінку екологічних ресурсів і послуг інструментами «вільного» ринку. Природна монополія може бути обмежена на основі вдосконалення фінансового механізму природокористування у напрямі формування та ефективного застосування централізованих та децентралізованих джерел фінансування раціонального природокористування, забезпечення сприятливих для цього умов шляхом відповідної організації фінансових відносин [16, с. 253].

Грошова оцінка екологічного ефекту має спиратися на новітні ідеї капіталізації природних ресурсів, як-то: сек'ютиризація (відділення фінансової складової від виробничої), корпоратизація, інституціоналізація природно-ресурсних відносин у фінансовій площині, тощо. Традиційно використовують кадастрові оцінки природно-ресурсних відносин, однак через «поелементність» їх недостатньо для створення інформаційної бази ринку екологічних послуг. Потребуємо інтегрального врахування економічних взаємодій в системі природокористування.

Для цього в основу сучасних фінансових механізмів раціонального природокористування пропонується покласти рентні відносини, результати грошової оцінки асиміляційного потенціалу, виявлені взаємозалежності між ринковою вартістю природних ресурсів та їх соціальним значенням, тобто те, що становить природно-ресурсну складову стратегічного потенціалу екологічно збалансованого розвитку.

В аспекті формалізації зазначених питань доцільно розглянути проблематику коректного врахування заподіяної шкоди внаслідок нераціонального використання природних ресурсів або господарської діяльності в цілому. Її часткове вирішення може ґрунтуватися на підході «оцінка від зворотного» – через врахування екологічної шкоди від господарської діяльності, зокрема:

- поточних екологічних втрат (збитків) від функціонування потенційно небезпечних об'єктів (ПНО) у штатному режимі;
- екологічних втрат від техногенних аварій та спричинених ними надзвичайних ситуацій (НС), що відбулися;
- потенційних екологічних втрат від максимальних розрахункових аварій на ПНО.

Однією з перших спроб регіональної оцінки поточних екологічних втрат, спричинених комунальним господарством України, можуть бути методичні розробки В.О. Трофимчук [17] щодо їх розрахунку для місць видалення відходів (звалищ і полігонів, МВВ) на основі балансової моделі із врахуванням нормативів компенсаційних виплат, запропонованих В.С. Міщенко і Г.П. Виговською [18]. Щодо місць видалення відходів (МВВ) методичні розробки В.О. Трофимчук зводяться до наступних міркувань. На об'єктовому (локальному) рівні основним джерелом даних для оцінки екологічних збитків від функціонування звалищ (полігонів) промислових і

твердих побутових відходів мають бути екологічні паспорти таких об'єктів (МВВ).

Потенційні збитки від полігону пропонується оцінювати за трьома сценаріями: від постійних (фонових) викидів в атмосферу CH_4 та H_2S , як збиток для сільського господарства (зниження якості продукції та врожайності); від постійного (фонового) забруднення другого водоносного горизонту NH_4 , NO_3 , солями важких металів із фільтрату полігону та понаднормативного зниження якості води у шахтних колодязях навколишніх сіл; аварійний збиток у разі максимально можливого залпового скиду забруднених стоків із ставка-накопичувача (перелив через греблю, по-перше, навесні під час аномально високої повені – швидкого танення снігів; по-друге, влітку-восени через аномально високі зливові опади).

Основним джерелом екологічної шкоди від МВВ в Україні є забруднення ґрунтових вод. Відповідно, ключовими параметрами для оцінки збитків від забруднення ґрунтових вод є M_i (маса i -ї скинутої забруднюючої речовини, кг), F (площа забруднення, m^2), m (середня потужність забрудненої частини водоносного горизонту, м), n_a (активна пористість водонасиченої товщі, частки одиниці). Причому добуток $F \times m \times n_a$ визначає об'єм забруднених ґрунтових вод (m^3). Виходячи із специфіки забруднення ґрунтових вод звалищами і полігонами, фізичним механізмом якого є просочування утворюваного під час складування твердих побутових відходів (ТПВ) фільтрату, масу забруднюючих речовин у цьому випадку можна визначити лише на основі встановлення їх концентрацій у фільтраті (mg/dm^3) та об'єму утворюваного фільтрату (тис. m^3).

Загальний потенційний збиток від розміщення і накопичення відходів на певну дату пропонуємо розраховувати за кумулятивною моделлю накопичення ризиків за всі попередні роки існування полігону як зростаючу суму збитків від розміщення відходів плюс збиток від накопичення відходів на цю дату. Аналогічно – на регіональному рівні, як суму об'єктових збитків.

Оцінювання потенційних еколого-економічних збитків від накопичення і зберігання відходів за весь проектний період існування полігону (загальні проектні екологічні збитки L_{dr}) доцільно здійснювати за формулою:

$$L_{dr} = W_i \times y_n \times (k_1 + k_2) + W_i \times y_n \times 0,1, \quad (1)$$

де: W_i – проектний обсяг видалення відходів;

y_n – норматив оцінки збитків для ТПВ;

k_1, k_2 – підвищуючі коефіцієнти.

Для різних варіантів нормативів значення L_{dr} (проектний обсяг збитків) можна розраховувати як граничну величину мінімальної, середньої та максимальної оцінки і розглядати в контексті умовно прийнятого екологічного збитку для цього полігону, що дає змогу ввести коефіцієнт умовної прийнятності екологічного збитку K_p (як відношення оцінки загальних збитків на дату до проектного обсягу збитків за час експлуатації полігону):

$$K_p = \frac{\sum L_{SV_t}}{L_{dr}}, \quad (2)$$

де ΣL_{SV_t} – накопичений обсяг еколого-економічних збитків на рік t .

Як важливі природоохоронні індикатори доцільно також розраховувати характеристики динаміки накопичення відходів на полігоні, необхідні для прогнозування часу перевищення прийняттого екологічного збитку.

Еколого-економічна ефективність заходів із зменшення обсягів вивезення відходів на певний полігон може бути оцінена як відношення різниці величин середньої оцінки потенційних еколого-економічних збитків без і в разі реалізації відповідних заходів до витрат на такі заходи (протягом до закінчення проектного періоду експлуатації полігону). Для місць видалення твердих відходів існує нагальна потреба у розвитку інструментарію для оцінки потенційних еколого-економічних збитків від аварій на таких об'єктах за найбільш імовірними сценаріями. Для місць видалення ТПВ їх щонайменше два: аварійне забруднення поверхневих вод та аварійне забруднення земель і ґрунтових вод стічними водами.

Екологічні втрати від реалізованих та потенційно можливих техногенних аварій на ПНО можуть бути оцінені на основі дещо вдосконаленої методики МНС [19], розробленої під керівництвом Є.В. Хлобистова [20]. Суть методичних розробок Є.В. Хлобистова зводиться до визначення розмірів заподіяної шкоди внаслідок порушень природоохоронного законодавства або фактичної зміни ландшафтної цілісності внаслідок надзвичайної події на основі нормативних методів розрахунку заподіяної шкоди, з урахуванням поправочних коефіцієнтів, що враховують рівень вразливості території, наявність різного типу поселень, рідкісних видів флори та фауни тощо.

Запропонований нами підхід ґрунтується на рекомендаціях, опрацьованих ООН на саміті в Йоганнесбурзі (2002 р.), щодо встановлення економічної цінності біорізноманіття. Згідно з ними, повна корисна цінність екологічного ресурсу визначатиметься ціною вибору (можливості його використати) та ціною доступу до такого вибору в певний момент часу, що інтегрально відображається готовністю суспільства платити за збереження довкілля [21, с. 267-268]. Однак, об'єктивізація такої оцінки на регіональному рівні потребуватиме визначення прогнозованої ціни, яку щонайменше доведеться заплатити суспільству в разі кінцевої деградації довкілля у певному регіоні, схему визначення якої ми й пропонуємо (рис. 1).

Принципова схема такої оцінки передбачає визначення обсягів збитків для кожного типу надзвичайної екологічної ситуації (НС природного, техногенного, природно-техногенного характеру тощо):

– за видами територіальних реципієнтів навколишнього середовища: вода, повітря, земля, людина, території спеціального статусу (зокрема, природоохоронні) тощо;

– за видами об'єктових реципієнтів (об'єкти інфраструктури, промислові, житлові, транспортні та комунікаційні тощо);

– за видами шкоди для людей, свійських тварин, умов життєдіяльності (які не потрапляють у вищезазначені категорії);

– за видами шкоди для регіону в цілому через синергетичні, каскадні та опосередковані ефекти;

– за видами шкоди для іміджевих та нематеріальних характеристик суспільно-економічного розвитку території.

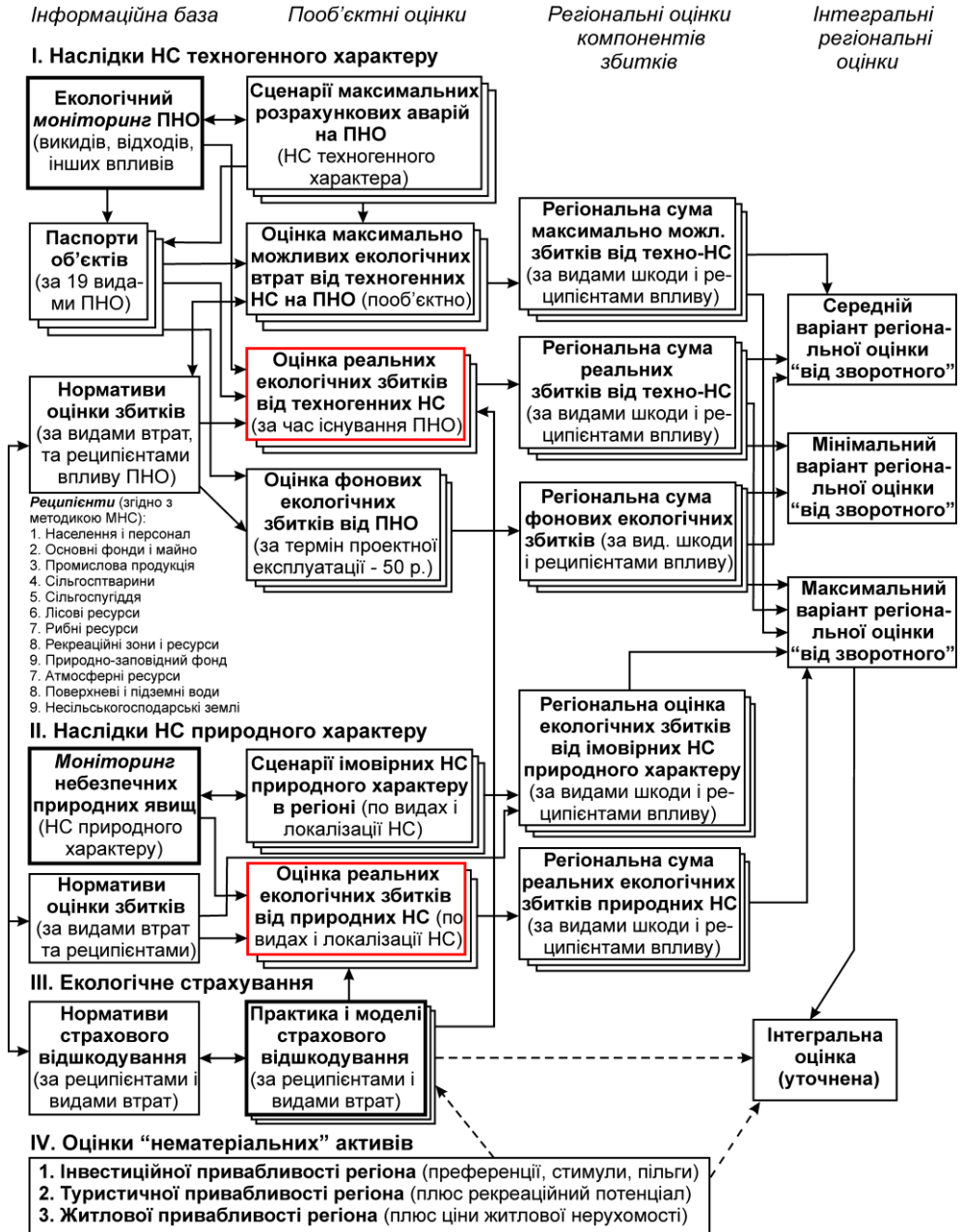


Рисунок 1 – Інформаційно-аналітичне забезпечення аналізу збитків від реалізації екологічних загроз в аспекті розвитку «зеленої економіки»

Розрахунок пропонується за нормативними критеріями і експертними оцінками на основі даних натурних і інструментальних спостережень моніторингу навколишнього середовища тощо із наступним моделюванням оцінки за об'єктами, що зазнали збитків. Тут стануть в нагоді моделі: прямого та опосередкованого взаємовпливу економічних і екологічних

процесів, страхового відшкодування збитків та детального аналізу конкретних ділянок, що групуються за певними категоріями спорідненості. Наприклад, через моделювання процесів формування екологічної шкоди від МВВ, якщо йдеться про подію, пов'язану тільки із поведінкою з відходами. Каскадні ефекти формування екологічних збитків при поведінці з відходами обумовлені впливом наступних складових: компенсація збитків від виходу з ладу МВВ, витрати на переорієнтацію складування (зберігання) відходів у інших місцях їх організованого зберігання або утилізації, мультиплікатор збитків для територіальних, об'єктових та інфраструктурних (лінійно протяжних) реципієнтів в регіоні.

Висновки

1. Розвиток «зеленої економіки» в Україні потребуватиме цілеспрямованого застосування класичного інструментарію державної промислової політики. Тобто не лише податкових пільг, а й запровадження системи стимулів на державному, регіональному та місцевому рівнях для створення і захисту ринку «зелених товарів» і послуг. Включно із: облаштуванням для них інфраструктури і логістики, пільговим кредитуванням створення виробничих і розподільчих потужностей, стимулами для споживачів «зеленої» продукції та державним замовленням на неї.

2. Організаційно-економічний механізм впровадження складових «зеленої економіки» має містити такі основні складові: економічні стимули в сфері дозвольної та регулятивної системи; впровадження новітніх технологій та розробок щодо «зеленої економіки»; в першу чергу, стосовно відновлювальної енергетики, заміщення вуглеводневої сировини, економії енергозабезпечення ЖКХ тощо. Специфікою моделі «зеленої економіки» є реалізація можливості певного контролю доступу, зокрема міжнародного, до природних ресурсів. У складі цієї моделі формується комплекс сучасних управлінських інструментів, що враховує соціальні, культурні, психологічні, біологічні, фізіологічні особливості людини як суб'єкта соціально-економічних і природно-господарських відносин [22]. Через це дієвим заходом підтримки «зелених» технологій у сучасних умовах жорсткого бюджетного дефіциту в Україні має бути якнайшвидша відміна всіх адміністративних обмежень на їх впровадження та експлуатацію.

3. З огляду на досвід країн світових лідерів, основними напрямками інформаційної підтримки запровадження «зеленої економіки» в Україні мають бути: інвентаризація і оцінка відновлюваних та екологічних ресурсів; актуальна база даних правових та регуляторних норм; супроводження розробки і реалізації державної політики; інформаційна інфраструктура ринку «зелених» товарів і послуг (ціни, попит, пропозиція, економічні агенти, тенденції, прогнози); науково-технічна інформація (нові технології, патенти тощо); сприяння міжнародних організацій (міжнародні проекти, гранти, допомога).

4. Створення системи такої інформаційної підтримки доцільно розпочати з інвентаризації і економічної оцінки відновлюваних природних і екологічних ресурсів. Кінцева мета – ведення в економічну практику оцінок природних ресурсів на основі їх оптимального та комплексного використання. Це потребує запровадження космічного моніторингу зазначених ресурсів за

напрямами, а також сучасних підходів та технологій грошової оцінки, в основу яких покладені ідеї про формування інститутів капіталізації регіонального природно-ресурсного потенціалу з урахуванням його екологічної складової.

6. Капіталізацію екологічних ресурсів в умовах України на підготовчому етапі розгортання системи оцінки доцільно здійснювати на основі оцінки потенційних екологічних втрат (як збитків) по територіях (адміністративних одиницях) – як суму пооб'єктних потенційних збитків від ПНО, на них розміщених.

7. Інтегральна оцінка екологічних втрат може бути реалізована через врахування основних складових таких збитків, залежно від основних реципієнтів та поставлених задач так, як це апробовано для місць видалення відходів. На регіональному рівні вона має доповнюватися оцінкою спільних регіональних втрат, що стосуються не конкретних реципієнтів, а змін: інвестиційної привабливості регіону (річних обсягів прямих інвестицій), можливостей працевлаштування (ємності ринку праці), частки працездатного населення, здатності екосистем до самовідновлення (площі їхнього поширення).

8. Зазначена оцінка із використанням розробленого нами інструментарію може бути здійснена не лише для МВВ, але й для всіх видів ПНО та просторових об'єктів, які зазнали впливу надзвичайної події.

9. Універсального методичного інструментарію такої оцінки не існує, а використовувати наявний можливо тільки через додаткову формалізацію чинних підходів та математичних моделей. Може бути доцільним створення методичного апарату, що потребуватиме каскадної інформаційної підтримки процедури оцінки через системи врахування чинників збитків від об'єктового до регіонального рівнів, орієнтованої на синергійний ефект та генералізацію даних, які виникають через застосування регіонального масштабу вимірювання збитків.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Євген Хлобистов: "Економіка є залежним компонентом природного середовища, в межах якого вона існує і є його частиною". Електронний ресурс: <http://blogs.korrespondent.net/blog/science/3372402/>
2. Зелена економіка. Електронний ресурс: http://uk.wikipedia.org/wiki/Зелена_економіка
3. Природний капітал. Електронний ресурс: http://uk.wikipedia.org/wiki/Природний_капітал
4. Зелена економіка. Електронний ресурс: <http://www.zhiva-planeta.org.ua/diyalnist/zelena-economika.html>
5. Sachs, W. 1999. Planet dialectics. Explorations in environment and development. London: Zed Books.
6. Brand Ulrich (2012) Green Economy – the Next Oxymoron? No Lessons Learned from Failures of Implementing Sustainable Development // GAIA 21/1(2012): 28 – 32.
7. 2300 поляків зробили своє місто повністю енергонезалежним. Електронний ресурс: http://iee.org.ua/ru/prog_info/30590/
8. Національна інноваційна система України: проблеми і принципи побудови / Макаренко І.П., Копка П.М., Рогожин О.Г., Кузьменко В.П. / За наук. ред. І.П. Макаренка. – К.: Ін-т проблем нац. безпеки, 2007. – 520 с.

9. Цену на нефть обвалил холодный ядерный синтез. Електронний ресурс: <http://iee.org.ua/ru/prognoz/4585/>
10. Гумилев Л.Н. География этноса в исторический период / Л.Н. Гумилев. – Ленинград: Наука, ленинградское отделение, 1990. – 279 с. [Гумилев Л.Н. Этногенез и биосфера Земли / Лев Гумилев – М.: Эксмо, 2007. – 736 с. – (Антология мысли).]
11. Потапенко В.Г. «Зелена» економіка в системі стратегічних пріоритетів безпечного розвитку України. Електронний ресурс: <http://soskin.info/ea/2012/3-4/20125.html>
12. Зелена економіка (стаття №2). Електронний ресурс: <http://www.dae.org.ua/ua/our-topics/green-economy/49--2.html>
13. Енергетика світу та Києва: огляд та аналіз тенденцій / Березовик М.М., Бортновський В.М., Кухта А.П., Полумієнко С.К., Стогній А.О., Беляєва І.П., Лагуточкіна Ю.В, Київ, 2003 р. – 109 с.
14. Формування моделі управління природними ресурсами в ринкових умовах господарювання: [монографія] / [за заг. ред. д.е.н., проф., акад. НААН України М.А. Хвесика]. – К.: ДУ ІЕПСР НАН України, 2013. – 304 с.
15. Комплексна економічна оцінка природних ресурсів: [монографія] / [за заг. ред. д.е.н., проф., акад. НААН України М.А. Хвесика]. – К.: ДУ ІЕПСР НАН України, 2013. – 264 с.
16. Капіталізація природних ресурсів: [монографія] / за заг. ред. д.е.н., проф. акад. НААН України М.А. Хвесик. – К.: ДУ ІЕПСР НАН України, 2014. – 268 с.
17. Трофимчук В.О. Інформаційно-аналітичне забезпечення визначення потенційних збитків для навколишнього природного середовища (на прикладі Тарасівського полігону твердих побутових відходів) [Електронний ресурс] / В.О. Трофимчук // Ефективна економіка. – 2013. – № 2. – Режим доступу до журн.: <http://www.economy.nauka.com.ua>.
18. Міщенко В.С., Виговська Г.П. Організаційно-економічний механізм поводження з відходами в Україні та шляхи його вдосконалення / В.С. Міщенко, Г.П. Виговська. – К.: «Наукова думка», 2009. – 294 с.
19. Методика оцінки збитків від надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру (Затверджена Постановою Кабінету Міністрів України № 175 від 15.02.2002 р. та № 862 від 04.06.2003 р.).
20. Хлобистов Є.В. Екологічна безпека трансформаційної економіки / відп. ред. С.І. Дорогунцов. – К.: Агентство «Чорнобильінтерінформ», 2004. – 336 с.
21. Основи екології. Екологічна економіка та управління природокористуванням: Підручник / За заг. ред. д.е.н. проф. Л.Г. Мельника та к.е.н., проф. М.К. Шапочки. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2005. – 759 с.
22. Потапенко В.Г. Трансформація системи природокористування України на засадах «зеленої» економіки: теорія, методологія, практика [Текст]: автореферат... д-р. екон. наук, спец.: 08.00.06 - економіка природокористування та охорони навколишнього середовища / В.Г. Потапенко. – Суми : СумДУ, 2014. – 39 с.

Стаття надійшла до редакції 16.02.2015

УДК 338.51:330.101.541(447)

Л.І. КУЗНЕЦОВА

ЦІНОВІ ФАКТОРИ У СИСТЕМІ МАКРОЕКОНОМІЧНИХ БАЛАНСІВ МОДЕЛІ РЕАЛЬНОГО СЕКТОРА ЕКОНОМІКИ

***Анотація.** У статті досліджено місце та роль цінових факторів у системі макроекономічних балансів. Дана аналітична оцінка цінових факторів, що мають найбільший вплив на баланс ринку кінцевих продуктів та послуг, та запропоновано заходи щодо пом'якшення негативного впливу цінових факторів на формування дисбалансу на ринку кінцевих продуктів та послуг, насамперед, за рахунок адаптації сукупної пропозиції до змін у попиті.*

***Ключові слова:** цінові фактори, макроекономічні баланси, сукупна пропозиція, ринок кінцевих продуктів та послуг, моделі реального сектора економіки.*

Вступ

Рівновага усіх основних ринків значною мірою залежить від ціни на товари та послуги, і саме тому рівень інфляції є одним із визначальних параметрів системи макроекономічних балансів. Сучасна кризова економічна ситуація характеризується, насамперед, невизначеністю багатьох параметрів, що є чинниками цінових процесів. Це зумовлює високу вірогідність зростання волатильності цінових процесів, порушення гармонічного їх перебігу, формування різного роду та типу цінових шоків, що у свою чергу призводить до зміни векторів впливу цінових факторів і виникнення значних розривів у макроекономічних балансах, здатних викликати їх кризові порушення та дестабілізувати економіку країни.

Саме тому дослідження особливостей виникнення неочікуваної дестабілізації цінових процесів та специфіки впливу окремих цінових факторів в сучасних умовах є необхідною складовою запобігання макроекономічній нестабільності та збереження збалансованості розвитку України.

1. Проблематика досліджень

Усі основні макроекономічні баланси знаходяться під значним впливом цінових факторів.

У загальному вигляді поняття «макроекономічна рівновага» означає, що на усіх взаємопов'язаних ринках одночасно досягається баланс попиту та пропозиції.

Тобто на ринку кінцевих продуктів та послуг цей баланс означає, що виробники максимізують доходи при тому, що споживачі отримують максимум корисної вартості від придбаної продукції. І перше, і друге реалізується через ціну на товари та послуги. Саме на цьому ринку формуються сукупні попит та пропозиція. При цьому попит на товари та послуги пред'являють усі макроекономічні агенти (тобто домогосподарства,

фірми, держава та іноземний сектор), у той час як пропозиція створюється фірмами, що є основними виробниками товарів та послуг.

Досягнення балансу на ринку факторів виробництва означає, що усі виробничі ресурси, які надійшли на ринок, знайшли свого покупця, а граничний дохід власників ресурсів, який формує попит, дорівнює граничному продукту кожного ресурсу, що формує пропозицію.

Баланс на ринку грошових коштів досягається, коли кількість грошових коштів, що пропонуються, відповідає кількості грошей, що потребує населення та бізнес. При цьому попит на гроші формується під впливом ціни на товари та послуги, відсоткової ставки по депозитах та кредитах, а також швидкості обертання грошей.

Якщо вважати, що ринок праці є сукупністю методів, механізмів та інститутів, які забезпечують залучення працездатного населення у народногосподарський обіг та використання робочої сили як товару, рівноважна ціна і кількість якого визначається взаємодією попиту та пропозиції, то баланс на ринку праці означає, що вартість робочої сили відповідає її ціні [1, 2, 3, 4, 5].

Як бачимо, рівновага усіх основних ринків значною мірою залежить від цін на товари та послуги, вплив яких реалізується через низку цінових факторів.

У статті розглянуті цінові фактори, що впливають на рівновагу на ринку кінцевих продуктів та послуг, що слугуватиме достовірності розрахунків моделі реального сектора економіки загалом і блоків агрегованої пропозиції та агрегованого попиту, зокрема.

Ці фактори можна умовно поділити на дві групи: ті, що найбільше впливають на попит, та ті, що найбільше впливають на пропозицію [6, 7, 8].

Сучасна економічна наука вирізняє такі основні цінові фактори формування сукупного попиту:

- реальні грошові залишки;
- відсоткова ставка;
- імпорт.

До цінових факторів, які є основними у формуванні сукупної пропозиції, належать такі, що визначають зростання витрат виробництва на одиницю продукції кінцевого використання. Основними з них є:

- індивідуальні середні витрати при змінах обсягів випуску;
- структурні зміни та природні умови;
- зовнішньоекономічні фактори;
- інституційні фактори.

При цьому вплив цінових факторів на сукупний попит та сукупну пропозицію має різновекторний характер, а досягнення балансу попиту та пропозиції утворює певні цикли. Тобто, підвищення цін на товари та послуги активізує дію цінових факторів, що впливають на сукупний попит, зумовлюючи його падіння. Це, в свою чергу, призводить до скорочення сукупної пропозиції, оскільки вироблені товари та послуги не знаходять свого споживача. Скорочення сукупної пропозиції зумовлює, насамперед, зростання індивідуальних середніх витрат виробників через те, що постійні операційні витрати припадають на менші обсяги виробленої продукції чи послуг, спричиняючи підвищення цін виробників, рис. 1.

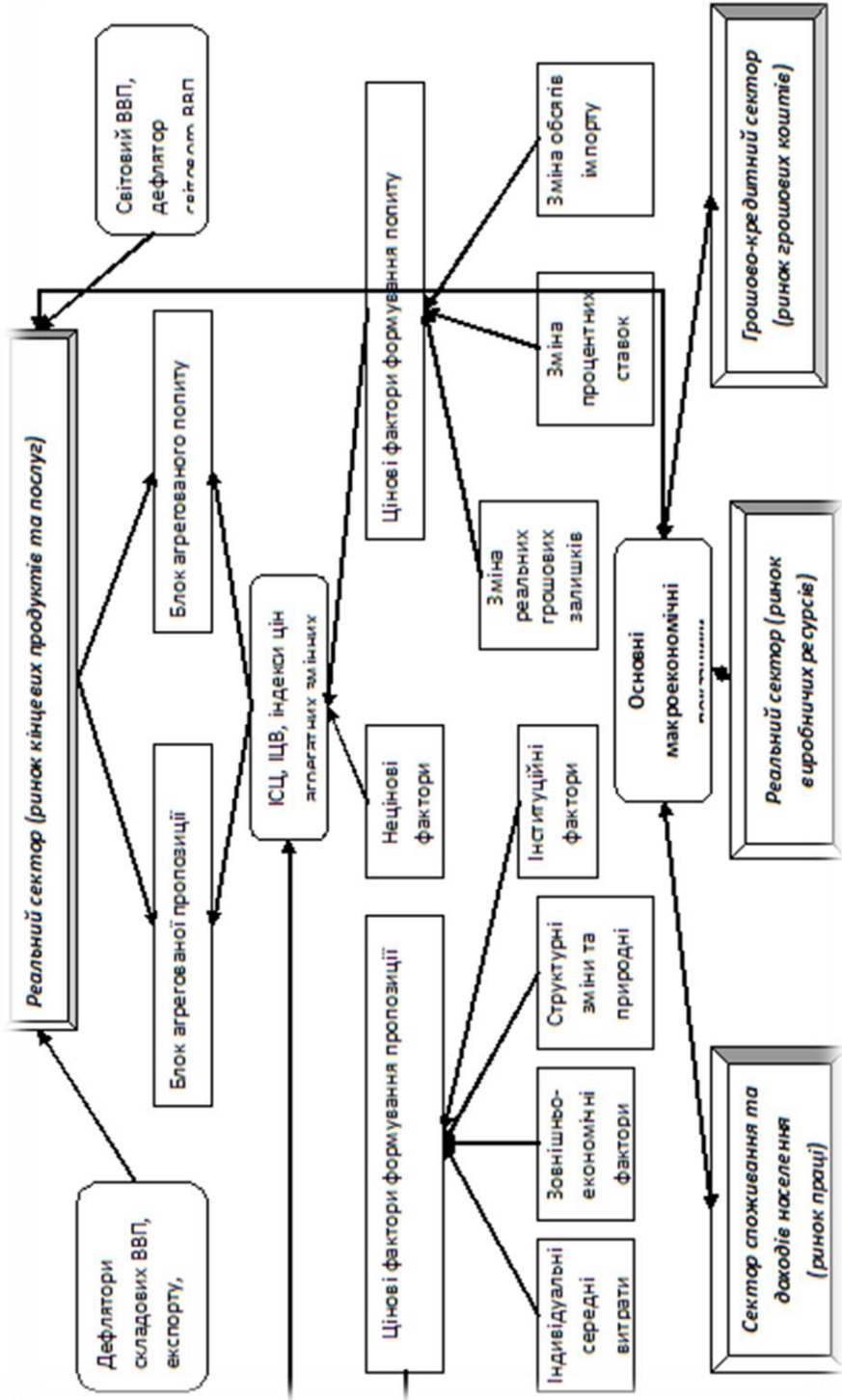


Рисунок 1 – Схема взаємодії групи цінових факторів моделі реального сектора з іншими секторальними моделями

Тобто сукупний попит не просто зменшується, відбуваються суттєві зміни у його структурі. Тому адаптація пропозиції до нових потреб потребує не лише певного часу, але й додаткових витрат, що в свою чергу збільшує індивідуальні витрати на виробництво і прискорює зростання цін виробників. Водночас зростає імпорт, за рахунок якого задовольняється попит на ті товари та послуги, який не в змозі задовольнити пропозиція вітчизняних виробників. Сукупний вплив цих факторів зумовлює прискорення інфляції, зниження платоспроможного попиту та подальше скорочення пропозиції.

Лише адаптація пропозиції до змін у сукупному попиті дає змогу уповільнити цінову динаміку та активізувати цінові фактори, що підтримують попит, і таким чином розпочати новий балансовий цикл.

Ринок кінцевих продуктів та послуг є основою моделі реального сектора економіки, проте усі ринки пов'язані між собою, тож секторальні моделі доповнюють одна одну.

Балансування агрегованого попиту та пропозиції відбувається у моделі реального сектора, що містить базові макроекономічні тотожності, на основі яких формуються складові ВВП. Ця модель пов'язана з іншими секторальними моделями низкою прямих та зворотних зв'язків і є складовою системи економетричних моделей прогнозування економіки України [9].

2. Аналітична оцінка впливу цінових факторів на баланс ринку кінцевих продуктів та послуг

Масштаб та глибина впливу окремих цінових факторів залежать від особливостей економіки країни та конкретної ситуації, що склалася. Це можна прослідкувати за даними Держкомстата України [11] (табл. 1), що ілюструють, як дефляція 2012-2013 рр. змінилася на галопуючу інфляцію у 2014 р.

Таблиця 1 – Цінова динаміка в Україні у 2012-2014 рр. до грудня попереднього року, %

	2012	2013	2014			Зміна, порівняно з попереднім роком, в.п. **	
			вересень*	жовтень*	січень-жовтень	січень-жовтень 2013	січень-жовтень 2014
1	2	3	4	5	6	7	8
Споживчі ціни	99,8	100,5	102,9	102,4	119	0,1	19,2
Продукти харчування та безалкогольні напої	97,7	99,3	102,9	102,6	118,5	0,5	20,2

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
Предмети домашнього вжитку, побутова техніка та поточне утримання житла	100,5	99,3	102,2	102,6	119,5	-0,8	20,1
Житло, вода, електроенергія, газ та інші види палива	100,7	100,3	101,6	102,2	127	-0,5	26,3
Охорона здоров'я	102	103	102	102	123,6	0,9	20,9
Транспорт	104,1	101,3	103,3	99,3	135	-2,1	33,1
Ціни виробників промислової продукції	100,3	101,7	102,4	99,3	126,5	-0,5	24,2

* до попереднього місяця;

** відсоткових пунктів.

Одним з найвпливовіших чинників інфляції є динаміка індивідуальних середніх витрат, що є основним формуючим фактором цін виробників. Насамперед їхнє зростання зумовлюється збільшенням витрат виробництва внаслідок подорожчання сировинних товарів і матеріалів, що зумовлює подорожчання споживчих товарів та послуг, а також формує негативні інфляційні очікування на майбутнє. Тому прогнозування динаміки цін виробників є важливою складовою гармонізації цінових процесів та визначення перспектив розвитку економіки загалом.

Слід зазначити, що особливий інтерес для прогнозування динаміки цін являють собою моделі, в яких змінними виступають певні екзогенні параметри, наприклад ті, що встановлюються на світових ринках (світові ціни на нафту і газ, валютний курс тощо), або ті, що визначаються директивно політикою монополій (ціни на залізничні перевезення вантажів, електроенергію тощо). Ціни окремої галузі промисловості не є автономними від результатів діяльності інших галузей. Мають місце «перехресні ефекти»: ціни однієї галузі тісно пов'язані із цінами в іншій галузі.

Так, наприклад, ціни виробників автомобілів, транспортного устаткування, суднобудівників, електротехнічного обладнання, а також у будівництві значною мірою залежать від цін на чорні метали. Ціни в автомобільній та аерокосмічній промисловості залежать від цін виробників кольорових металів, у виробництві фармацевтичної продукції – від цін у базових галузях хімічної промисловості тощо.

Загалом за особливостями формування ціни виробників можна умовно розділити на дві групи.

1. Ціни на товари та послуги, що торгуються, тобто ті, які в основному йдуть на експорт. Ці ціни переважно залежать від світових цін на відповідні товари. У періоди стабільного розвитку світової економіки ці ціни змінюються дуже плавно й майже стабільні в часі, а тому у вітчизняній промисловості приріст індексів таких цін незначний. Проте у кризові періоди, яким є й сучасний етап розвитку, ціни на зазначені товари можуть змінюватися різко, їх волатильність значно збільшується, що сильно відображається на динаміці цін вітчизняних товаровиробників. В Україні до цієї групи товарів можна віднести продукцію категорій А1, В7, С10, С14, С20, С24, С27 (За КВЕД 2010).

2. Ціни на товари та послуги, що не торгуються, які переважно споживаються на внутрішньому ринку. Ці ціни неоднозначні за своєю динамікою. Через активізацію попиту в середньому по промисловості індекс цін виробників (ІЦВ) перевищуватиме рівень інфляції (ІСЦ). Крім можливого впливу екзогенних факторів, тут також існує значний взаємозв'язок індексів цін у різних галузях.

Слід зауважити, що немає видів діяльності, що виробляють тільки один тип товарів, тому можуть спостерігатися обидва типи ефектів.

Серед методів прогнозування цін виробників, на нашу думку, найбільш цікавим є система моделей, запропонована С. Мурашовим [10], а також підходи до визначення впливу світових цін на ціни виробників, запропоновані Ж. Сапиром [11]. Ці методи дозволяють прогнозувати ціни виробників з урахуванням взаємозв'язку між видами діяльності та динамікою світових цін на базові матеріальні ресурси, насамперед, паливо-енергетичні.

Проведена автором аналітична оцінка¹ впливу окремих цінових факторів на динаміку сукупного попиту та пропозиції дозволили визначити особливості цього впливу в сучасних умовах, характерних для економіки України.

Українська економіка загалом і українські товаровиробники, зокрема, перебувають під значним впливом зовнішньоекономічних факторів. Близько половини вироблених в Україні товарів експортується, причому по окремих видах діяльності понад 70% усієї реалізованої продукції спрямовується на експорт. Попит внутрішнього ринку України на споживчі товари загалом майже на 40% задовольняється за рахунок імпорту, причому його частка у споживанні стало збільшується. Понад третини товарів проміжного споживання також імпортується. Україна імпортує дві третини такого стратегічного товару, як паливно-енергетичні ресурси. Усе це виводить зовнішньоекономічні фактори на перше місце за впливом на формування балансу на ринку кінцевих продуктів та послуг.

Ці фактори беруть участь у формуванні сукупної пропозиції, насамперед, через вплив на цінові процеси в Україні, який здійснюється за трьома основними напрямками:

– в умовах відкритої ринкової економіки на рівень інфляції впливає динаміка світових цін на споживчі товари, насамперед, продовольчі, оскільки вітчизняні виробники мають змогу виходити на зовнішні ринки, що зумовлює певне врівноваження внутрішніх цін та цін світових ринків за окремими

¹ У даному випадку це визначення особливостей динаміки цінових факторів, встановлення взаємозв'язку між окремими ціновими факторами та динамікою споживчих цін та цін виробників, аналіз та оцінка їхнього впливу на баланс ринку кінцевих товарів та послуг на базі статистичної інформації з використанням методів економічної статистики та економіко-математичного моделювання.

товарними групами, насамперед продовольчих товарів і таким чином впливає на збалансованість попиту та пропозиції цих товарів на внутрішньому ринку;

– значна частина потреби внутрішнього ринку України у споживчих товарах покривається за рахунок імпорту, ціна якого не лише безпосередньо впливає на рівень інфляції, але й відіграє вирішальну роль у конкуренції з вітчизняними виробниками;

– ціни виробників значною мірою залежать від динаміки цін на імпортовані сировинні ресурси та обладнання, впливаючи на собівартість виробництва і цінову конкурентоспроможність продукції.

Збереження значної залежності економіки України від зовнішньої торгівлі висуває зовнішньоекономічні фактори за масштабами та глибиною впливу на формування сукупної пропозиції на перше місце. Серед цих факторів у 2014 році найвпливовішим став валютний курс.

Девальвація гривні вплинула на темпи інфляції як безпосередньо, через пряме подорожчання імпортованих споживчих товарів, частка яких на внутрішньому ринку України по окремих сегментах є надзвичайно високою, так і опосередковано – через зростання цін виробників внаслідок подорожчання імпортованих товарів проміжного споживання.

У таких умовах збереження рівня виробництва можливе лише за умов наявності платоспроможного попиту, здатного компенсувати, «поглинути» таке зростання цін. Крім того, падіння виробництва у 2014 р. зумовлене ще й тим, що пропозиція українських товаровиробників не здатна гнучко та швидко адаптуватися до змін у структурі попиту, насамперед, до змін у попиті споживчих непродовольчих товарів та у попиті на засоби виробництва. У сфері виробництва товарів наймобільнішим сегментом є малий та середній бізнес, що є локомотивом розвитку економіки у розвинених країнах, де його частка становить до 50-70% ВВП [12]. В Україні малі та середні підприємства забезпечують лише близько 7% ВВП. Якщо в країнах ЄС майже 50% малих та середніх підприємств працюють у сфері виробництва, то в Україні цей бізнес зосереджений у будівництві та сфері послуг і посередництва. Малі підприємства у промисловості виробляють лише близько 5% загального обсягу реалізованої продукції [13].

Вагомим чинником інфляції є динаміка індивідуальних середніх витрат, що відіграють роль основного формуючого фактора цін виробників. Економіка України є надто ресурсномісткою, що зумовлено не лише структурою виробництва, в якій висока питома вага капіталомістких та сировинних видів діяльності, але й застарілістю технологій, свідченням чого є загальний ступінь зносу основних засобів, який у 2012 р. становив 76,7%, збільшившись порівняно з 2010 р. майже на 2%.

Для енерговитратної економіки України характерною особливістю є значний вплив динаміки цін виробників у сфері виробництва та розподілу електроенергії, газу та води на собівартість виробництва продукції та послуг решти видів діяльності і на споживчі ціни.

Оцінка впливу цінових факторів на макроекономічну збалансованість дала змогу розробити сценарії розвитку цінових процесів у короткостроковій перспективі та підвищити достовірність прогнозування цінової динаміки та значень основних макропоказників, що використовуються у моделях оцінки дисбалансів у розрізі основних секторів економіки.

З огляду на те, що ситуація у поточному році та у короткостроковій перспективі визначатиметься переважно політичними чинниками, подальший

перебіг економічних процесів багато в чому не прогнозований і визначатиметься зокрема тим, чи припиняться бойові дії.

Можна окреслити два основні сценарії подальшого економічного розвитку.

Перший ґрунтується на тому, що політична ситуація залишатиметься кризовою. З огляду на політику заморожування заробітних плат, сукупний попит у короткостроковій перспективі скорочуватиметься і надалі, що зумовить відповідне скорочення й сукупної пропозиції.

Прийняті урядом рішення щодо підвищення тарифів у ЖКГ, зростання цін виробників, що відбулося у 2014 р., очікувана подальша девальвація гривні можуть розіграти інфляцію у 2015 р. до 20-25% за рік. Ціни виробників також прискорять динаміку і можуть за рік зрости на 23-28%.

Внутрішній ринок вже відреагував на прискорення цінової динаміки: з квітня суттєво уповільнилися темпи зростання торгівлі, продовжує згортатись промислове виробництво, будівництво, транспорт. Подальше зниження платоспроможного попиту в умовах девальвації гривні призведе до продовження падіння пропозиції вітчизняних товаровиробників. Промислове виробництво за підсумками року може скоротитися на 10-12%, будівництво – на 12-14%. Сільське господарство демонструє позитивну динаміку, проте минулорічних показників аграрний сектор вочевидь не досягне.

Якщо мирне врегулювання на Сході буде досягнуто у найближчий час, економічна ситуація може значно поліпшитися. Необхідність відновлення зруйнованої інфраструктури стимулюватиме розширення попиту і сприятиме зростанню виробництва насамперед у реальному секторі, що дозволить суттєво уповільнити цінові процеси і забезпечити інфляцію на рівні 8-9%.

Слід підкреслити, що сьогодні найвагомим чинником порушення рівноваги на усіх основних ринках є політична нестабільність і тому стабілізація соціально-політичних аспектів суспільного життя в Україні є необхідною умовою виходу з економічної кризи та відновлення зростання економіки, модернізація якої має бути спрямована на забезпечення посилення ендогенних факторів розвитку.

Висновки

Основні заходи державного менеджменту для забезпечення балансу на ринку кінцевих продуктів та послуг за рахунок пом'якшення негативної дії цінових факторів, на нашу думку, мають бути спрямовані на вирішення таких завдань:

1. Збільшення платоспроможного попиту як підґрунтя для розширення пропозиції вітчизняними виробниками і відновлення позитивної динаміки розвитку економіки. Для цього необхідно здійснити поетапне реформування системи нарахування заробітної плати, спрямоване на ліквідацію надмірної диференціації заробітних плат та розрахунок мінімальної зарплати, виходячи з реальної ціни робочої сили (за оцінками міжнародних експертів, робоча сила в Україні недооцінена порівняно з європейськими країнами у 3-5 разів, насамперед, за рахунок того, що не включає вартість її відтворення). Крім того, необхідно відійти від практики адміністрування споживчих цін, яке призводить до різкого, у кілька разів, їх підвищення, коли у держави вичерпуються фінансові ресурси для такого регулювання, наслідком чого стає обвальне падіння платоспроможності населення.

2. Підвищення адаптивності пропозиції українських товаровиробників. Для цього необхідно, насамперед, кардинальне покращення підприємницького клімату. Заходи з дерегуляції підприємницької діяльності, запроваджені останніми роками, практично не працюють. Доцільно розробити єдиний нормативний документ, замість 87 чинних законів, щодо правил регулювання землевідведення, будівництва, виробництва та торгівлі, з метою забезпечення захисту права власності та безпеки споживача, як це було зроблено в успішно реформованих економіках Грузії, Угорщини, країн Балтії тощо.

Підвищенню пропозиції сприятиме стимулювання інноваційної діяльності. В Україні досі немає чіткої системи формування, розгляду й затвердження в органах державної влади та управління модернізаційних програм державного рівня, серед яких пріоритетними мають бути програми підтримки певних напрямів інноваційної діяльності. При розробленні та виконанні державних програм не витримуються типові стадії і процедури, основні принципи програмно-цільового управління: цільова спрямованість, комплексність, альтернативність та керованість програм. Проекти більшості програм соціально-економічного спрямування формуються на безальтернативних засадах, без проведення конкурсів та державної експертизи. Це є однією з причин їх низької ефективності. Крім того, в Законі України «Про інноваційну діяльність» та у Господарському кодексі України поняття «інноваційної діяльності» тлумачиться по-різному, що обмежує використання стимулюючих заходів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кемпбелл Г. Макконнелл, Стенлі Л. Брю. Экономикс. – М.: В «Туран», 1996. – С. 276.
2. Бегг Д., [Фишер С.](#), [Дорнбуш Р.](#) 32.4/5. Moderate Keynesians, Extreme Keynesians // [Economics](#). — 8. — The McGraw Hill Companies, 2005. — С. 557 – 560. — 674 с.
3. Бегг Д., [Фишер С.](#), [Дорнбуш Р.](#) 19. Introduction to Macroeconomics // [Economics](#). — 8. — The McGraw Hill Companies, 2005. — С. 335. — 674 с.
4. [Mankiw G.](#), Romer D. Imperfect competition and sticky prices, Coordination Failures and Real Rigidities // *New Keynesian Economics*. — MIT Press, 1991. — Т. 1, 2.
5. Пол Самуэльсон, Вильям Нордхаус. Макроэкономика. – 18. – 2009. – 542 с.
6. Будаговська С., Кілієвич О., Луніна І., Пахомова Т., Романюк О., Сніжко А., Сніжко О. Макроекономіка – К.: Вид. «Основи», 1998 р.
7. Совокупный спрос. Ценовые и неценовые факторы совокупного спроса. Электронный ресурс – <http://modern-econ.ru/makro/mehanizm/sovokup/spros.html>
8. Макроэкономика – особый раздел экономической теории – Электронный ресурс – <http://lib.rus.ec/b/204258/read>.
9. Моделі ендогенного зростання економіки України. – К.: Ін-т екон. та прогноз., 2007. – 576 с.
10. С. Мурашов. Прогнозирование динамики цен производителей по видам экономической деятельности, – Экономист 2011, № 4 с. 62–71
11. Сапир Ж. Согласование внутренних и мировых цен на сырьевые продукты в стратегии экономического развития России. – Проблемы прогнозирования, № 6, 2011 С. 3–16.
12. Eurostat Электронный ресурс – <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/>
13. Держкомстат України. Электронный ресурс – <http://www.ukrstat.gov.ua/>

Стаття надійшла до редакції 20.11.2014.

УДК 519.6:517.929-968:616-097,613.648

К.Л. АТОСВ

КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ІНВЕСТИЦІЙНОЇ ПРИВАБЛИВОСТІ АГРАРНИХ РЕГІОНІВ В УМОВАХ ЗРОСТАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ТА РИЗИКІВ

***Анотація.** Здійснена комплексна оцінка інвестиційної привабливості аграрних регіонів України. Найбільш привабливими для інвестування з точки зору природних, техногенних, соціальних та економічних ризиків, сталості та рівня урожайності є Київщина, Черкащина та Хмельниччина. Запропоновано концептуальну модель оцінки рівня продовольчої безпеки, яка дозволяє формалізувати залежність критичних значень параметрів, що її характеризують, від екологічних, економічних, техногенних та соціальних факторів.*

***Ключові слова:** оцінка ризику, математичне моделювання, системний аналіз, невизначеність, інвестиційна привабливість, продовольча безпека.*

Вступ

Вплив невизначеності та ризику на сталість розвитку світової економіки зростає з кожним роком. 2014 рік не став виключенням. Різке падіння цін на нафту, введення санкцій проти Росії, загальна дестабілізація політичної ситуації у світі через події на Близькому Сході та в Україні, які важко було передбачити, стають вагомим підтвердженням актуальності розробки методів аналізу та моделювання впливу невизначеності та ризику на продовольчу й економічну сфери, визначення за їх допомогою комплексу заходів щодо підвищення безпеки критичної інфраструктури, ефективного використання продовольчих, водних і енергетичних ресурсів.

Різке подовження причинно-наслідкових зв'язків викликає багато нових небезпек і постіндустріальних ризиків, що виводять людство на новий рівень просторових і часових масштабів, на якому воно раніше не оперувало. Усе це зменшує горизонт прогнозування сучасних систем управління та ставить задачу створення нових підходів для врахування нових ризиків [1].

Проблема адаптації сільськогосподарського виробництва України до нових економічних умов, пов'язаних зі створенням зони вільної торгівлі між ЄС та Україною, додає актуальності задачі оцінки ризиків у аграрному секторі. Дійсно, приєднання України до європейського ринку, з одного боку, створює величезні перспективи для українських аграріїв, а з іншого, – чималі проблеми. Зокрема, йдеться про те, що конкурентоспроможність європейського ринку значно більша, ніж вітчизняного, адже понад 40% бюджету ЄС спрямовано на підтримку сільського господарства [2].

Усе це потребує інтенсифікації зусиль щодо розробки ефективних методів моніторингу, прогнозування та управління ризиками аграрного виробництва в умовах більшої невизначеності, оцінки інвестиційної привабливості окремих регіонів України, здійснення класифікації загроз продовольчої безпеки.

Формування ефективної політики управління ризиками аграрного бізнесу неможливе без застосування комплексного підходу з врахуванням природно-кліматичних, економічних, соціальних та техногенних особливостей окремих регіонів України. Виникає необхідність створення систем прийняття рішень на основі моніторингу агроресурсів і прогнозування врожайності, які враховують системний характер ризиків та дозволять здійснювати: комплексну оцінку вразливості сільськогосподарського виробництва в різних регіонах України, ранжування ризиків, виявлення слабких ланок аграрного комплексу, визначення оптимального перерозподілу коштів з метою підвищення ефективності адаптації сільського господарства до кліматичних змін та оцінки інвестиційної привабливості окремих аграрних регіонів. Завданням даної роботи є аналіз за допомогою математичного моделювання інвестиційної привабливості аграрних регіонів України з точки зору техногенних, природних, соціальних та економічних загроз, сталості врожаїв та рівня врожайності.

1. Сучасний стан проблеми продовольчої безпеки

Відповідно до Закону «Про продовольчу безпеку України» (№ 8370-1), ухваленого Верховною Радою України 22 грудня 2011 р., термін продовольча безпека формується як «соціально-економічне та екологічне становище, за якого всі соціальні і демографічні групи населення стабільно та гарантовано забезпечені безпечним і якісним продовольством у необхідній кількості та асортименті, необхідних і достатніх для фізичного і соціального розвитку особистості, забезпечення здоров'я населення України» [3].

Основні загрози продовольчої безпеки розглядаються у просторі екологічних, економічних, техногенних, соціальних та політичних факторів. До екологічних загроз відносять глобальні кліматичні зміни, наслідком чого є збільшення частоти виникнення стихійних катаклізмів та їх руйнівної потужності, виснаження природних ресурсів, незворотні зміни у біорізноманітті, порушення біогеоценозів, зниження врожайності зернових культур внаслідок їх вразливості до високих температур, дефіциту води та хвороб рослин.

До економічних загроз відносять: 1) посилення обмежень зростання економіки, які пов'язані з дефіцитом природних ресурсів (вода, нафта, газ), скороченням та старінням сільського населення; 2) технологічну революцію генної інженерії (створення нових генетично модифікованих продуктів харчування), яка збільшує так звані генетичні ризики, з якими людство у такій формі раніше не стикалось.

До соціальних загроз відносять: 1) нелінійне зростання населення Землі, яке додає ваги проблемі продовольчої безпеки; 2) недостатній соціально-економічний рівень життя населення – низькі доходи та зростання цін на продукти харчування.

До політичних загроз відносять: 1) використання авторитарними політичними режимами дефіциту продовольства як політичної зброї з метою зміцнення своєї влади; 2) зростання можливостей біотерористів здійснювати атаки на об'єкти агропромислового виробництва.

Використання сучасних телекомунікаційних технологій разом із застосуванням біологічної зброї дає потужний кумулятивний ефект. Він може завдати істотного збитку не лише здоров'ю населення, але й економіці

країни. Ігнорування психологічних наслідків застосування біологічних збудників біотерористами не дозволяє ефективно оцінювати міру загрози, оскільки навіть невеликий об'єм біоотруйних речовин може принести терористам значимий результат через виникнення паніки серед населення, шкода від якої може бути порівняна із збитком від епідемічних процесів, що провокуються збудниками, застосованими безпосередньо в ході біологічної атаки.

Оцінка стану продовольчої безпеки здійснюється на основі індикаторів, до яких належать: 1) рівень споживання населенням харчових продуктів; 2) економічна та фізична доступність харчових продуктів; 3) стійкість продовольчого ринку та ступінь його незалежності; 4) безпечність і якість харчових продуктів; 5) рівень розвитку аграрного сектора; 6) природно-ресурсний потенціал і ефективність його використання.

2. Комплексна оцінка інвестиційної привабливості регіонів

Слід зазначити, що оцінка стану продовольчої безпеки стикається з труднощами, які обумовлені низькою достовірністю та неповнотою статистичних даних в умовах, коли суттєва частина економіки перебуває у «тіні». Тому здійснення структурної оптимізації сільського господарства потребує створення науково обґрунтованих методів оцінки реального стану аграрного виробництва в різних регіонах, їх інвестиційної привабливості.

Рівень виробництва продовольства в Україні, як свідчать дані 2009-2012 років, перебуває на досить високому рівні [4]. Середня врожайність пшениці за 14 років зросла з 19,4 ц/га у 2000 році до 40,5 у 2014 році. Водночас врожайність зернових значно відстає від таких країн, як Німеччина, США та Японія. Крім того, мають місце суттєві коливання врожайності, що свідчить про вразливість аграрного сектора у деяких регіонах різних кліматичних зон. Динаміка врожайності зернових та зернобобових культур у різних регіонах України впродовж 2011 - 2013 рр. наведена у табл. 1.

За даними 2012 р. регіони можна розділити на три групи, які характеризуються: 1) різким падінням урожайності (на понад 25%); 2) середнім рівнем зменшення врожайності (від 5 до 25%); 3) незначним зменшенням (до 5%) або зростанням урожайності. Відповідно до даних, що наведені у табл. 1, до першої групи належить 9 регіонів: АР Крим, Дніпропетровська, Донецька, Запорізька, Кіровоградська, Миколаївська, Одеська, Полтавська та Херсонська області. До другої групи – 3 регіони: Вінницька, Харківська та Черкаська області. До третьої – 13 регіонів: Волинська, Житомирська, Закарпатська, Івано-Франківська, Київська, Луганська, Львівська, Рівненська, Сумська, Тернопільська, Хмельницька, Чернівецька та Чернігівська області.

З огляду на те, що валовий збір також є важливим показником, який характеризує привабливість регіону для вкладання коштів в аграрний бізнес, з регіонів третьої групи виділимо ті, валовий збір в яких перевищує 2000 тис. т. Крім того, візьмемо до уваги, що врожайність у Черкаській області, незважаючи на коливання, перевищує рівень у 50 ц/га. Високі показники врожайності має також Полтавська область. Доцільно розглянути тільки ті регіони, в яких відносно високий рівень сталості врожайності поєднується з високими рівнями валового збору та врожайності, а саме:

Житомирську, Київську, Полтавську, Сумську, Тернопільську, Хмельницьку, Черкаську та Чернігівську області.

Таблиця 1 – Динаміка виробництва зернових та зернобобових культур [5]

Регіон	Валовий збір, тис. т					Урожайність, ц з 1 га				
	2013 рік	2012 рік	2011 рік	$R_{13/12}$ %	$R_{12/11}$ %	2013 рік	2012 рік	2011 рік	$R_{13/12}$ %	$R_{12/11}$ %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Україна (Укр)	63051,3	46216,2	56746,8	136,4	81,4	39,9	31,2	37,0	127,9	84,3
АР Крим (АРК)	764,8	906,2	1930,8	84,4	47,0	16,1	16,9	31,9	95,3	53,0
Вінниччина (Вн)	4852,3	3624,7	4243,6	133,9	85,3	55,7	43,1	49,3	129,2	87,2
Волинь (Вл)	902,0	869,3	747,8	103,8	116,2	34,1	32,2	29,7	105,9	108,4
Дніпропетровщина (Дп)	3710,3	1554,3	3456,1	45,0	45,0	31,9	15,6	30,8	141,1	50,6
Донеччина (Дч)	2210,3	1642,6	2285,6	134,6	71,9	28,7	21,9	29,5	131,1	74,2
Житомирщина (Жт)	2108,6	1694,9	1507,2	124,4	112,1	51,2	43,5	39,3	117,7	110,2
Закарпаття (Зк)	325,01	322,18	321,8	100,9	100,1	37,1	36,1	37,6	102,8	96,0
Запоріжчина (Зп)	2111,0	1196,3	2193,2	176,5	54,5	23,7	15,9	26,0	149,1	60,8
Івано-Франківщина (Іф)	677,6	615,5	536,6	110,1	114,7	43,0	40,7	39,6	105,7	102,8
Київщина (Кв)	3343,0	3190,3	2785,4	104,8	114,4	55,7	51,2	45,2	108,8	113,2
Кіровоградщина (Кг)	3781,4	2339,5	3464,9	161,6	67,5	44,2	29,6	40,9	149,3	72,4
Луганщина (Лг)	1292,9	1293,8	1268,5	99,9	102,0	24,0	25,4	25,5	94,5	99,6
Львівщина (Лв)	1186,1	1065,7	961,6	111,3	110,8	39,5	37,1	36,5	106,5	101,6
Миколаївщина (Мк)	2803,8	1278,3	2628,2	219,3	48,6	29,4	16,3	28,4	180,4	57,4
Одещина (Од)	3670,8	1880,4	3194,3	195,2	58,9	31,2	17,1	29,2	182,5	58,6
Полтавщина (Пл)	5639,6	3644,7	5055,0	154,7	72,1	55,9	38,9	51,6	143,7	75,4
Рівненщина (Рв)	1108,6	918,4	790,5	120,7	116,0	41,4	36,2	32,6	114,3	111,0
Сумщина (См)	3588,1	2667,8	2522,2	134,5	105,2	54,0	40,5	38,3	133,3	105,2
Тернопільщина (Тр)	2228,9	2163,8	1882,8	103,0	115,0	46,7	43,9	41,0	106,4	107,1
Харківщина (Хк)	4201,5	2716,5	3473,3	154,7	78,2	40,3	29,0	37,0	139,0	78,4
Херсонщина (Хс)	1686,4	1055,2	2481,1	159,8	42,5	22,2	18,2	32,4	122,0	56,2
Хмельниччина (Хм)	3039,5	2712,6	2180,1	112,1	124,4	50,0	45,2	40,3	110,6	112,2
Черкащина (Чк)	4068,5	3310,6	3761,9	122,9	87,9	62,1	51,3	57,3	121,1	89,5

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Чернівецьчина (Чв)	625,5	611,9	592,9	102,2	103,2	46,0	44,6	45,8	103,1	97,4
Чернігівщина (Чг)	3123,6	2939,0	2481,4	106,3	118,0	46,7	43,2	38,4	108,1	112,5

Примітка. $R_{13/12}^{\%}$ - показник 2013 р. у % до 2012 р.; $R_{12/11}^{\%}$ - показник 2012 р. у % до 2011 р.

Аналіз результатів, одержаних за допомогою методу головних компонент у [5, 6], дозволяє визначити головні чинники, які впливають на екологічний, техногенний, соціальний та економічний виміри продовольчої безпеки.

До кола природних загроз аграрно-промислового комплексу (АПК) відносять: 1) кліматичні зміни, що впливають на продуктивність аграрного сектора, викликають дефіцит водних ресурсів, дестабілізують фітосанітарний стан агроценозів; 2) збільшення шкідливих речовин у ланцюгах харчування; 3) стихійні лиха – повені, пожежі, зсуви ґрунту, смерчі. Тому індекс природних загроз пропонуємо розраховувати за допомогою показників W_{nij} , які характеризують: інтенсивність кліматичних та стихійних аномалій ($i=1$), рівні забруднення територій ($i=2$), водного стресу ($i=3$), радіаційного фону ($i=4$), кількість пожеж на відкритих територіях ($i=5$), обсяги викидів шкідливих речовин в атмосферу ($i=6$).

Техногенні загрози АПК пов'язані з аваріями, що порушують постачання води, енергії та інших речовин, необхідних для аграрного виробництва, та з аваріями, що викликають забруднення довкілля. Тому індекс техногенних загроз пропонуємо розраховувати за допомогою показників W_{tkj} , які характеризують: уразливість систем водопостачання ($k=1$), водовідведення ($k=2$), теплопостачання ($k=3$), трубопроводів енергетичних носіїв ($k=4$), транспортування ($k=5$), поводження з небезпечними речовинами ($k=6$).

Вплив соціальних загроз в умовах неререформованого судочинства, неврегульованості широкого масиву правових та майнових питань, відсутності ринку землі, незахищеності виробника-аграрія від диктату трейдерів, загальної деформації простору безпеки у деяких південно-східних регіонах України постійно збільшується. Індекс соціальних загроз пропонуємо розраховувати за допомогою показників W_{slj} , які характеризують: ступінь диференціації життєвого рівня населення (децильний коефіцієнт диференціації загальних доходів) ($l=1$), безробіття ($l=2$), заборгованості із виплати заробітної плати ($l=3$), зареєстрованих злочинів ($l=4$), суїцидів ($l=5$), смертності населення ($l=6$), протистоянь сепаратистського, міжетнічного та міжконфесіонального характеру ($l=7$), терористичних актів ($l=8$).

Важливим індикатором економічних перетворень, що висвітлює стан економічного «здоров'я», є показник економічної свободи. Індекс економічних загроз для АПК j -го регіону W_{ej} розраховується за допомогою окремих складових цього показника, які характеризують рівні: фіскального навантаження на малий та середній бізнес ($m=1$), адміністративного

втручання в економіку ($m=1$), потоків капіталів та іноземних інвестицій ($m=3$), захищеності приватної власності ($m=4$), неформальної активності ринку ($m=5$), поширення корупції ($m=6$). Алгоритми розрахунку окремих складових індексів загроз викладені у [7].

Індекси загроз розраховуються наступним чином:

$$\begin{aligned}
 W_{nj} &= \sum_{i=1}^6 \beta_{nij} W_{nij}, & W_{tj} &= \sum_{k=1}^6 \beta_{tkj} W_{tkj}, & W_{sj} &= \sum_{l=1}^8 \beta_{slj} W_{slj}, \\
 W_{ej} &= \sum_{m=1}^6 \beta_{emj} W_{emj},
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

де вагові коефіцієнти β відповідають наступним умовам:

$$\begin{aligned}
 \sum_{i=1}^6 \beta_{nij} &= 1, & \sum_{k=1}^6 \beta_{tkj} &= 1, & \sum_{l=1}^8 \beta_{slj} &= 1, \\
 \sum_{m=1}^6 \beta_{emj} &= 1.
 \end{aligned}$$

При розрахунках індексів використовувались дані [4-11]. За допомогою методу Min-Max всі дані приведені до одного діапазону в межах від 0 до 1. У першому наближенні всі вагові коефіцієнти моделі (1) для кожного індексу рівні один одному. У тих випадках, коли статистична похибка даних достатньо велика, це здається виправданим.

Відзначимо, що глобальний світ стає менш керованим. Зміни в ньому більше підкоряються загальним законам поведінки в нестійкому, нерівноваженому середовищі, коли малі впливи можуть призводити до непередбачуваних за своїми масштабами наслідків. Турбулентний характер подій ускладнює коректне використання теорії ймовірності для оцінки ризику, зменшує горизонт прогнозування екстремальних явищ, особливо пов'язаних зі ступеневим законом щільності розподілу ймовірностей, який спадає більш повільно, ніж гауссівський закон щільності розподілу ймовірностей [1].

У цих умовах визначення вагових коефіцієнтів сильно ускладнюється. Більшість існуючих методів оцінки вимагають виконання певних умов. Головним є нормальність розподілів ймовірностей [8, 9]. Ми ж розглядаємо ситуації, коли має місце саме ненормальний ступеневий розподіл. Як правило, всі фактори поділяються на «м'які» та «жорсткі» в залежності від того, можна чи ні змінити їх дію в короткостроковій перспективі. Оскільки вплив перших факторів на поведінку системи є порівняно більшим, то вони мають більшу вагу. Однак, коли параметри системи наближаються до біфуркаційних значень, навіть достатньо малий вплив може призвести до втрати системою стійкості. У цих умовах такий поділ факторів багато в чому втрачає сенс. Необхідно враховувати можливість різкого стрибка показників «жорстких» факторів внаслідок катастрофічних подій. В цих умовах спостерігається тенденція до вирівнювання вагових коефіцієнтів.

На рис 1. наведено результати ранжування параметрів, що визначають інвестиційну привабливість найбільш успішних аграрних регіонів України.

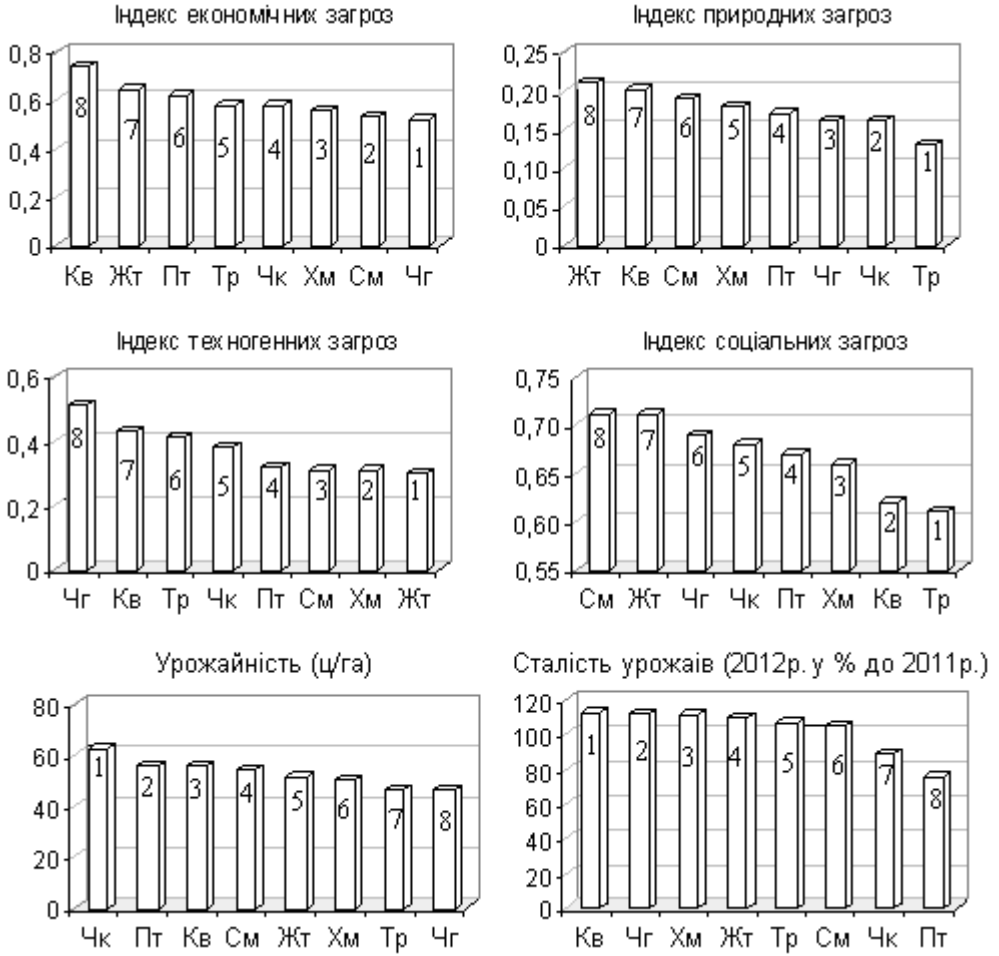


Рисунок 1 – Ранжування параметрів, що визначають інвестиційну привабливість найбільш успішних аграрних регіонів України

Оцінка здійснюється наступним чином. Місце, яке регіон посідає за такими показниками, як сталість врожаїв, урожайність, валовий збір, відповідає кількості балів, яку він отримує. Регіон з найменшим рівнем відповідних загроз (техногенних, природних, соціальних, економічних) отримує 1 бал, з найбільшим – 8 балів. Загальна сума за всіма показниками (X_i) із врахуванням їх вагових коефіцієнтів (w_i), дає сумарний показник інвестиційної привабливості регіону I_p , що визначається наступним чином:

$$I_p = \sum_{i=1}^6 w_i X_i, \quad \sum_{i=1}^6 w_i = 1. \quad (2)$$

Чим менше значення має цей показник, тим вища інвестиційна привабливість регіону. Враховуючи, що статистична похибка даних не дозволяє точно визначити вагові коефіцієнти, I_p розраховувались у достатньо широкому діапазоні їх значень. Результати наведені у табл. 2.

Таблиця 2 – Ранжування регіонів за їх інвестиційною привабливістю (ІІІ)

Показник/ Регіон	Жт	Кв	Пт	См	Тр	Хм	Чк	Чг
Техногенні загрози (X_1)	1	7	4	3	6	2	5	8
Природні загрози (X_2)	8	7	4	6	1	5	2	3
Соціальні загрози (X_3)	7	2	4	8	1	3	5	6
Економічні загрози (X_4)	7	8	6	2	5	3	4	1
Сталість урожаїв (X_5)	4	1	8	6	5	3	7	2
Урожайність (X_6)	5	3	2	4	7	6	1	8
I_p ($w_i = 0,15$; $i=1,4$; $w_i = 0,2$; $i = 5,6$)	5,25	4,4	4,7	4,85	4,35	3,75	4,0	4,7
Ранг ІІІ	8	4	5-6	7	3	1	2	5-6
I_p ($w_i = 0,1$; $i=1,4$; $w_i = 0,3$; $i = 5,6$)	5,0	3,6	4,8	4,9	4,9	4,0	4,0	4,8
Ранг ІІІ	8	1	4-5	6-7	6-7	2-3	2-3	4-5
I_p ($w_i = 0,05$; $i=1,4$; $w_i = 0,4$; $i = 5,6$)	4,75	2,8	4,9	4,95	5,45	4,25	4,0	4,9
Ранг ІІІ	4	1	5-6	7	8	3	2	5-6

Як випливає з результатів аналізу, найбільш привабливими для інвестування з точки зору природних, техногенних, соціальних та економічних ризиків, сталості та рівня врожайності є Хмельниччина та Черкащина. Зниження ваги природно-техногенних та соціально-економічних факторів виводить на перше місце Київщину. Показово, що Черкащина посідає друге місце за рангом інвестиційної привабливості у достатньо широкому діапазоні варіації значень вагових коефіцієнтів.

3. Концептуальна модель оцінки рівня продовольчої безпеки

Кількісна оцінка рівня продовольчої вразливості базується на обраних критеріях безпеки, тобто граничних значеннях індикаторів, після досягнення яких продовольча ситуація вважається загрозовою. Ці граничні значення визначаються по різному: як певний рівень співвідношень між обсягами існуючих резервів та споживанням; як співвідношення між обсягом імпорту окремого продукту у натуральному вигляді та ємністю його внутрішнього ринку; як частка сукупних витрат на харчування у загальній сумі сукупних витрат домогосподарств. Наприклад, для індикатора достатності запасів зерна граничним вважається його 17-відсотковий рівень, що відповідає 60 дням споживання [3].

Однак не тільки рівні окремих показників складних ієрархічних структур характеризують сталість їх функціонування. Резервні можливості системи, безпека та ефективність її роботи багато в чому визначаються збалансованістю окремих її ланцюгів. Має місце своєрідний «мобіль» безпеки (динамічний інваріант), коли негативна динаміка одних показників компенсується за рахунок інших. Тому кількісна оцінка рівня продовольчої безпеки потребує створення моделей, які дозволять формалізувати залежність критичних параметрів від екологічних, економічних, техногенних та соціальних факторів.

Рівень продовольчої безпеки пропонуємо визначати за допомогою математичного підходу до оцінки уразливості складних систем, викладеного у [12-14]. Він базується на формалізмі теорії катастроф та використовує неоднорідність фазового простору складних динамічних систем. Забезпечення безпеки розглядається в просторі обмеженої кількості параметрів керування, кожен з яких є функцією змінних, що визначають поведінку системи. Будемо вважати, що дана система задовольняє основним властивостям потенційних систем, описується деякою потенційною функцією $U(x)$ поведінкової змінної x , неперервна, має локальні екстремуми, в яких похідна за часом змінної x дорівнює нулю, тобто існує певна кількість стаціонарних станів. Частина з них є стійкими, а частина – нестійкими.

Введемо функцію $F(x)$, яка пов'язана з $U(x)$ наступним чином:

$$U(x) = -\int F(x)dx . \quad (3)$$

Щоб дослідити поведінку системи поблизу локальних екстремумів $U(x)$, функцію $F(x)$ розкладають у ряд в околі стаціонарних точок і обмежуються кількома малими членами розкладання. Для дослідження широкого кола систем найбільш часто використовують катастрофу типу «збірка», для якої функції $F(x)$ та $U(x)$ мають наступний вигляд [15]:

$$F(x) = b + ax + x^3, \quad U(x) = -bx - ax^2 / 2 - ax^4 / 4, \quad (4)$$

де a та b – параметри керування, що характеризують резервні можливості системи та навантаження на систему ззовні.

Відповідно до теореми Штурма кубічний поліном має три або один дійсний корінь. Кількість коренів залежить від дискримінанту $\Delta = 4a^3 + 27b^2$. При виконанні умови $\Delta < 0$ маємо три дійсних корені. Система має три стаціонарні стани, з яких два – стійкі. Перший стійкий стаціонарний стан характеризує норму (достатній рівень продовольчої безпеки), другий – продовольчу кризу (низький рівень продовольчої безпеки). При $\Delta > 0$ маємо один дійсний корінь та два уявних. $\Delta(a,b) = 0$ є кривою біфуркаційних значень (див. рис. 2).

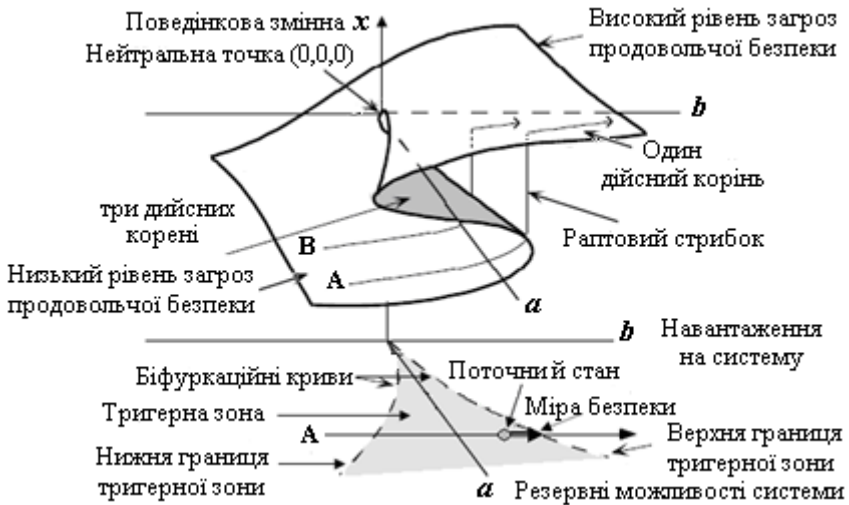


Рисунок 2 – Концептуальна модель оцінки рівня продовольчої безпеки

Для комплексної оцінки рівня продовольчої безпеки будемо використовувати модель (4). Відповідно до методу Кобба [16], параметри керування a та b можуть визначатися наступним чином:

$$\begin{aligned} a &= a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + \dots + a_n X_n, \\ b &= b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n, \end{aligned} \tag{5}$$

де X_i - незалежні поведінкові змінні, у якості яких будемо використовувати інтегральні індекси (див. табл. 2); a_i та b_i визначаються за допомогою статистичних даних за методом поліноміальної регресії Гастелло [16].

Знаючи поточне значення параметра a , з рівняння (4) одержуємо біфуркаційне значення параметра b . Різниця між біфуркаційним і поточним значенням параметра b є мірою ризику. Чим далі знаходиться поточне значення параметра від його біфуркаційного значення, тим менша деформація простору безпеки. Чим вищий рівень резервних можливостей, тим при більшому значенні навантаження на систему ззовні відбуватиметься деформація простору продовольчої безпеки (криві A та B на рис. 2).

Висновки

Результати проведеного дослідження дають підстави для таких висновків: 1) найбільш привабливими для інвестування з точки зору природних, техногенних, соціальних та економічних ризиків, сталості та рівня урожайності є Київщина, Черкащина та Хмельниччина; 2) формалізація залежності критичних параметрів від екологічних, економічних, техногенних та соціальних факторів може базуватися на використанні методів теорії катастроф.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Горбулін В.П., Качинський А.Б. Стратегічне планування: вирішення проблем національної безпеки. – Київ: НІСД, 2010. – 288 с.
2. УСПП: Українські аграрії за невідкладне підписання угоди про євроінтеграцію [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://agroconf.org/content/uspp-ukrayinski-agrariyi-za-nevidkladne-pidpisannya-ugodi-pro-ievrointegraciyu>
3. Заходи держави щодо запобігання виникненню потенційних загроз продовольчій безпеці. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.dkrp.gov.ua/info/2368.htm>
4. World Development Indicators: Agricultural output and productivity. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://wdi.worldbank.org/table/>
5. Збір урожаю сільськогосподарських культур, плодів, ягід та винограду в регіонах України за 2013 рік // Статистичний бюлетень Державної служби статистики України. – К.: 2014. – 102 с.
6. Качинський А.Б. Екологічна безпека України: системний аналіз перспектив покращення. – Київ: НІСД, 2001. – 251 с.
7. Інформаційно-аналітична система для аналізу комплексних ризиків природно-техногенних та соціально-економічних загроз в галузі житлово-комунального господарства України / Пепеляєв В.А., Кнопов П.С., Атоєв К.Л. та ін. // Заключний звіт про виконання НДР. – К.: – Ін-т кібернетики НАН України, 2009. – 88 с.
8. Згуровский М.З., Гвишиани А.Д. Глобальное моделирование процессов устойчивого развития в контексте качества и безопасности жизни людей. – К.: НТУУ «КПИ» «Политехника», 2008. – 351 с.
9. Рейтинг інвестиційної привабливості регіонів. – К.: Інститут економічних досліджень та політичних консультацій, 2014. – 390 с.
10. Державна служба статистики України [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
11. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2013 році. – К.: Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, 2014. – 542 с.
12. Сергиенко И.В., Яненко В.М., Атоев К.Л. Общая концепция управления риском экологических, техногенных и социогенных катастроф // Кибернетика и системный анализ. – 1997. – N 2. – С. 65–86.
13. Atojev K., Tomin A., Aksionova T. Global changes, new risks, and novel methods and tools of their assessment. Modeling and management of environmental security in Ukraine // Managing Critical Infrastructure Risks (eds I. Linkov et al.) – 2007. – Springer Netherlands. – P. 339–351.
14. Атоев К.Л., Пепеляєв В.А. Моделирование влияния системных рисков на устойчивое развитие общества // Компьютерная математика. – 2009. – №1. – С. 37–48
15. Постон Т., Стюарт И. Теория катастроф и ее приложения. – М.: Мир, 1980. – 607 с.
16. Van der Maas H.L.J., Kolstein R., Van der Pligt J. Sudden transition in attitudes // Sociological methods & research. – 2003. – № 2. – С. 125–152.

Стаття надійшла до редакції 24.11.2014

РЕФЕРАТИ / ABSTRACTS

**ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ
INFORMATION TECHNOLOGY IN ECONOMY**

УДК 004.02

Визначення виробничих кривих для будівельної галузі в Чеській Республіці / Вохозка М. // Математичне моделювання в економіці. – 2015. – №1. – С. 5 – 21.

Будівельна галузь першою потерпає від економічної рецесії, але й першою починає зростання при покращенні економічної кон'юнктури. На цій підставі розглядається питання прогнозування розвитку економіки, засноване на прогнозуванні будівельної галузі. Наведено діагностичний приклад з використанням виробничої функції (за обсягом виробництва). Предметом роботи є пошук інструментів для прогнозування розвитку будівельної галузі, а саме виробничих функцій будівельної галузі, на прикладі Чеської Республіки.

УДК 004.02

Определение производственных кривых для строительной отрасли Чешской Республики / Вохозка М. // Математическое моделирование в экономике. – 2015. – №1. – С. 5 – 21.

Строительная промышленность бывает первой, где проявляется неблагоприятное влияние снижения темпов развития экономики, кризиса и стагнации. И наоборот – именно она становится первым индикатором улучшения экономической конъюнктуры. Поднят вопрос: возможно ли прогнозировать общее развитие экономики на основе отдельного прогноза строительной промышленности? Рассматривается вопрос прогнозирования развития экономики, основанный на прогнозировании строительной отрасли. Приведен диагностический пример с использованием производственной функции (по объему производства). Предметом работы является поиск инструментов для прогнозирования развития строительной отрасли, а именно производственных функций строительной отрасли, на примере Чешской Республики.

УДК 004.942

Обеспечение алгоритмического и ресурсного баланса при решении ситуационных задач / Кряжич О.А., Коваленко А.В. // Математическое моделирование в экономике. – 2015. – №1. – С. 22 – 31.

В работе исследована необходимость оптимизации программных и аппаратных средств для обеспечения жизнеспособности информационных технологий. Приведено математическое обоснование балансового метода оптимизации. Методика оптимизации рассмотрена как для аппаратных средств, которые задействованы в системе выполнения одного задания, так и на примере программы на языке Python.

UDC 004.942

Providing algorithmic and resource balance in the decision of situational tasks / Kryazhych O.O., Kovalenko O.V. // *Mathematical modelling in economy*. – 2015. – №1. – P. 22 – 31.

In the paper necessity of software and hardware optimisation for maintenance of viability of information technology is investigated. The mathematical substantiation of a balance method of optimisation is resulted. A technique of hardware optimisation which are involved in the decision of one problem is considered. Also the example of optimisation of the program in language Python is presented.

МАТЕМАТИЧНІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ В ЕКОНОМІЦІ MATHEMATICAL AND INFORMATIONAL MODELS IN ECONOMY

УДК 338.532.64 + 330.362 + 303.725.33

Моделирование инфляционных процессов в Украине / Швець С.М. // *Математическое моделирование в экономике*. – 2015. – №1. – С. 32 – 40.

На основе приведенных в статье результатов многофакторного регрессионного моделирования инфляционных процессов в Украине с использованием квартальных рядов динамики определены факторы влияния на изменение ИПЦ в течение 2005-2014 гг., а именно: денежный агрегат М2, объем внутреннего государственного долга в части ценных бумаг и значение курса обмена гривны к доллару США. Анализ результатов моделирования позволил обосновать наличие чрезмерного инфляционного давления, которое имело место после кризисного периода 2008-2009 гг. и продолжалось до конца 2013 г. Дальнейший рост бюджетного дисбаланса в 2014 г. в условиях замедления экономической динамики вместе с быстрыми темпами обесценивания гривны стали ведущими факторами формирования восходящего инфляционного тренда в Украине.

UDC 338.532.64 + 330.362 + 303.725.33

Modelling inflation processes in Ukraine / Shvets S.M. // *Mathematical modelling in economy*. – 2015. – №1. – P. 32 – 40.

The major factors of CPI dynamics in 2005-2014, such as money aggregate M2, domestic public debt in part of bonds, and exchange rate of hryvnia to the US dollar are determined by means of the multivariate regression modeling. The evidence of excessive inflationary impact, which took place after the crisis period of 2008-2009 up to the end of 2013, was discovered by analyzing the simulation results. Further growth of fiscal imbalances in 2014 in terms of slowing economic dynamics, along with rapid hryvnia devaluation, were the leading factors to create the rising inflationary trend in Ukraine.

УДК 519.7

Агентно-ориентированные модели вычислительной экономики: особенности, преимущества и недостатки / Омельянчик Д.А. // *Математическое моделирование в экономике*. – 2015. – №1. – С. 41 – 52.

Рассматриваются основные подходы к разработке агентно-ориентированных моделей вычислительной экономики. Определяются характерные черты агентно-ориентированных моделей (АОМ). Приводятся основные цели создания агентно-ориентированных моделей. Поясняются некоторые способы классификации АОМ и выделяются базовые типы АОМ. Обсуждены основные преимущества и недостатки АОМ. Приведен краткий обзор модели EURACE.

UDC 519.7

Agent-oriented models of computational Economics: features, advantages and disadvantages / Omelyanchik D.A. // *Mathematical modelling in economy*. – 2015. – №1. – P. 41 – 52.

The main approaches to agent-based models design are discussed. The characteristic features of agent-based models (ABM) are defined. The main purposes of ABM construction are given. Some possible classifications are explained. Basic types of ABM are indicated. The main advantages and disadvantages of ABM use are noted. The brief review of the EURACE model is presented.

УДК 519.8

Теоретико-игровая ресурсная модель сбалансированного технологического развития / Полумиенко С.К., Рыбаков Л.А. // *Математическое моделирование в экономике*. – 2015. – №1. – С. 53 – 60.

Рассматривается ресурсный подход к построению и анализу модели сбалансированного развития системы «природа-население-производство». Предложена двухуровневая кооперативная игра, которая является такой моделью и предоставляет возможность нахождения совокупной оптимальной стратегии за счет использования унифицированного представления участников системы и процессов их жизнедеятельности.

UDC 519.8

Game-theoretical resource sustainable development model / Polumiienko S.K., Rybakov L.A. // *Mathematical modeling in economy*. – 2015. – №1. – P. 53 – 60.

It is considered a resource approach to building and analyzing models of sustainable development of the "nature-population-production" system. It is proposed a two-level cooperative game that serves as a model and allows to find the aggregate optimal strategy by the use of unified representation of the system participants activities.

УДК 342.1:338.45.003.5

Случаи использования методов математического моделирования для фальсификации научных основ регулирования численности бродячих (безпризорных) животных / Кременовская И.В., Святогор А.А. // *Математическое моделирование в экономике*. – 2015. – №1. – С. 61 – 72.

В статье подвергнуты критическому пересмотру применяемые в Украине методы регулирования численности бродячих животных, в частности собак. По результатам анализа социально-экономических истоков проблемы, положений действующих нормативно-правовых актов и примеров из правозащитной практики показаны негативные последствия реализации программы «Отлов - Стерилизация - Возвращение» и выявлены ее мошеннические составляющие. Опровергнуты основные положения до сих пор используемой в качестве научной основы математической модели управления численностью популяции.

UDC 342.1:338.45.003.5

Use of methods of mathematical modeling for falsification of the scientific basis for the regulation of the number of homeless animals / Kremenovska I.V., Svyatogor O.A. // *Mathematical modelling in economy*. – 2015. – №1. – P. 61 – 72.

The article critically revises methods of regulating the number of stray animals (particularly dogs), which are applied in Ukraine. The negative effects of the program "Catching - Sterilization - The Return" are shown according to the analysis of socio-economic origins of the problem, the provisions of existing legal acts and examples of the practice of human rights. Its fraudulent components are revealed. The main provisions of the mathematical model controlling population size, which is still used as the scientific basis, are refuted.

**АНАЛІЗ, ОЦІНКА ТА ПРОГНОЗУВАННЯ В ЕКОНОМІЦІ
ANALYSIS, EVALUATION AND FORECASTING IN ECONOMY**

УДК 330.342.005.44+504(477)

«Зеленая экономика» природопользования и направления ее информационно-аналитического обеспечения в Украине / Рогожин А.Г., Хлобыстов Е.В., Трофимчук В.А. // Математическое моделирование в экономике. – 2015. – №1. – С. 73 – 86.

В статье рассмотрены теоретические основы «зеленой экономики», препятствия для ее внедрения, возможности информационной поддержки ее развития в Украине. Показано, что создание системы такой информационной поддержки целесообразно начать с инвентаризации и экономической оценки экологических ресурсов с целью введения их в экономическую практику. Предложено методический подход для осуществления такой оценки методом «от противного». Он состоит в интегральной оценке экологических убытков в регионе за время существования размещенных там потенциально опасных объектов путем учета основных составляющих убытков для основных реципиентов. Этот подход апробирован на примере мест удаления отходов. Приведена принципиальная схема оценки. Указано на необходимость целенаправленного применения классического инструментария государственной промышленной политики для поддержки развития «зеленой экономики».

UDC 330.342.005.44+504(477)

“Green economy” of nature and the direction of its information and analytical support in Ukraine / Rogozin O.G., Hlobystov E.V., Trofymchuk V.O. // Mathematical modelling in economy. – 2015. – №1. – P. 73 – 86.

Theoretical bases of green economy, barriers for its introduction, possibility of informative support of its development in Ukraine are considered in the article. It is shown that the creation of such informative support system have to start with taking of physical inventorying and economic evaluation of ecological resources, with the purpose of introduction them in economic practice. Methodical approach is proposed for realization of such estimation a method «from opposite». It is in integral estimation of ecological losses in the region throughout the time of operation of dangerous objects (including incident-prone plants) placed there, by the account of basic losses for basic recipients. This approach is approved on the example of dumping places and landfills. The principle chart of such estimation is resulted. It is indicated on the necessity of classic tools of public industrial policy application for support the development of green economy.

УДК 338.51:330.101.541(447)

Ценовые факторы в системе макроэкономических балансов модели реального сектора экономики / Кузнецова Л.И. // Математическое моделирование в экономике. – 2015. – №1. – С. 87 – 95.

В статье исследовано место и роль ценовых факторов в системе макроэкономических балансов. Дана аналитическая оценка ценовых факторов, имеющих наибольшее влияние на баланс рынка конечных продуктов и услуг, и предложены меры по смягчению негативного влияния ценовых факторов на формирование дисбаланса на рынке конечных продуктов и услуг, прежде всего, за счет адаптации совокупного предложения к изменениям потребности.

UDC 338.51:330.101.541(447)

The cost factors in the system of macroeconomic balance of the model to the real economy / Kuznetsova L.I. // *Mathematical modelling in economy*. – 2015. – №1. – P. 87 – 95.

The place and the role of price factors in the system of macroeconomic balances are investigated in the article. The price factors which have the biggest influence on balance of the market of the finished goods and services are analytically estimated. The measures on mitigation of negative influence of price factors on disbalance at the market of the finished goods and services – primarily due to adaptation of aggregate supply to demand changes – are given.

УДК 519.6:517.929-968:616-097,613.648

Комплексная оценка инвестиционной привлекательности аграрных регионов в условиях роста неопределенности и рисков / Атоев К.Л. // *Математическое моделирование в экономике*. – 2015. – №1. – С. 96 – 106.

Проведена комплексная оценка инвестиционной привлекательности аграрных регионов Украины. Наиболее привлекательными с точки зрения природных, техногенных, социальных и экономических рисков, устойчивости и уровня урожайности являются Киевская, Черкасская и Хмельницкая области. Предложена концептуальная модель оценки уровня продовольственной безопасности, которая позволяет формализовать зависимость критических значений характеризующих ее параметров от экологических, экономических, техногенных и социальных факторов.

UDC 519.6:517.929-968:616-097,613.648

A comprehensive evaluation of investment attractiveness of the agricultural regions in the face of increasing uncertainty and risks / Atoev K.L. // *Mathematical modelling in economy*. – 2015. – №1. – P. 96 – 106.

The integral assessment of investment attractiveness of agrarian regions of Ukraine was carried out. The most investment attractive are Kyiv, Cherkassy and Khmelnytsky regions in the terms of their comparative ecological, technogenic, social, and economic threats, yield and its sustainability. A conceptual model for evaluating the level of food security is proposed. It allows formalizing the dependence of the critical values of food security on ecological, economic, technological and social factors.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Атоєв Костянтин Леонович – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України (м. Київ).

Вохозка Марек – доктор філософії, доктор інженерії, ректор Технічно-економічного інституту (Чеська Республіка, м. Чеські Будейовиці).

Коваленко Олександр Васильович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, заступник директора Інституту ядерних досліджень НАН України (м. Київ).

Кременовська Ірина Володимирівна – кандидат юридичних наук, старший науковий співробітник, вчений секретар Інституту економіко-правових досліджень НАН України (м. Київ).

Кряжич Ольга Олександрівна – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України (м. Київ).

Кузнцова Лідія Іллівна – кандидат економічних наук, старший науковий співробітник Інституту економіки та прогнозування НАН України (м. Київ).

Омельянчик Діана Анатоліївна – молодший науковий співробітник, аспірант Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України (м. Київ).

Полумієнко Сергій Костянтинович – доктор фізико-математичних наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу прикладної інформатики Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України (м. Київ).

Рогожин Олексій Григорович – доктор економічних наук, провідний науковий співробітник Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України (м. Київ).

Рибаков Леонід Олександрович – доктор технічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України (м. Київ).

Святогор Олексій Анатолійович – адвокат, журналіст, аспірант Інституту економіко-правових досліджень НАН України (м. Київ).

Трофимчук Вікторія Олександрівна – кандидат економічних наук, провідний фахівець ТОВ «Проктер енд Гембл Україна», старший науковий співробітник Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України (м. Київ).

Хлобистов Євген Володимирович – доктор економічних наук, професор, завідувач відділу ДУ «Інститут економіки природокористування та сталого розвитку НАН України» (м. Київ).

Швець Сергій Михайлович – кандидат економічних наук, доцент, старший науковий співробітник відділу моделювання та прогнозування економічного розвитку ДУ «Інститут економіки і прогнозування НАН України» (м. Київ).

© Авторські і суміжні права належать авторам окремих публікацій, Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, Інституту економіки і прогнозування НАН України.

© Авторские и смежные права принадлежат авторам отдельных публикаций, Институту телекоммуникаций и глобального информационного пространства НАН Украины, Институту кибернетики им. В.М. Глушкова НАН Украины, Институту экономики и прогнозирования НАН Украины.

Copying © authors of publications, Institute of Telecommunications and Global Information Space of NAS of Ukraine, Glushkov Institute of Cybernetics of NAS of Ukraine, Institute for Economics and Forecasting of NAS of Ukraine. All rights reserved.

ДО УВАГИ АВТОРІВ ЖУРНАЛУ

Зміст матеріалів, що направляються до редакції, повинен відповідати профілю та науково-технічному рівню журналу. Тематика журналу стосується математичного моделювання у всіх сферах господарської діяльності, тобто, економіки в її широкому розумінні.

Кожна наукова стаття повинна мати вступ, розділи основної частини та висновки, а також анотацію і ключові слова трьома мовами (українською, російською та англійською). Також трьома мовами подаються реферати до статті, які будуть розміщені в електронному варіанті журналу «Математичне моделювання в економіці» на сайті журналу.

Усі представлені в редакцію рукописи проходять ретельне багатоланкове рецензування відповідними фахівцями за профілем статті. Якщо сумарна оцінка рецензентів менша за встановлений поріг, рукописи відхиляються. Автору надсилається відповідне повідомлення. Матеріали, отримані від автора, редакцією не повертаються. Після доопрацювання автор може подати матеріал повторно, з виконанням усіх процедур подачі матеріалу.

Статті, що були представлені в редакцію і прийняті після рецензування, але не попали в поточний номер журналу, будуть надруковані в наступних номерах журналу.

Зміст статті та якість написання або перекладу (українською або англійською мовами) переглядаються коректорами журналу, проте відповідальність за зміст та якість статті несуть автори матеріалу. До статті можуть бути внесені зміни редакційного характеру без згоди автора.

Розділ журналу, до якого буде віднесена стаття, визначається редакцією, узгоджується – головним редактором або його заступником.

Остаточний висновок щодо публікації матеріалів схвалює редакційна колегія журналу.

Електронна версія журналу, правила оформлення та вимоги до статей, зміни і доповнення до тематичних розділів будуть оперативно подаватися в Інтернеті на сайті журналу «Математичне моделювання в економіці» www.nmjournal.in.ua

Журнал також представлений на сайті Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України <http://itgip.org/> у розділі «Видавнича діяльність».

Виконавчий редактор – О.О. Кряжич, канд. техн. наук.

Надруковано:

Видавничий дім «Юстон»
01034, м. Київ, вул. О. Гончара, 36.
Тел.: (044) 360-22-66
Реєстраційне свідоцтво НБ № 153324 від 05.11.2012 р.

Підписано і здано до друку 30.03.2015. Формат 70X108/16. Папір офсетний.
Офсетний друк. Умовн. друк. арк. 10.15
Обл.-вид. арк. 11.4
Замовлення № _____

КИЇВ 2015