

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 (5), січень-березень 2016 р.

Міжнародний науковий журнал

Заснований у липні 2014 р.
Виходить 4 рази на рік

Журнал включено до Переліку наукових фахових видань України,
в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових
ступенів доктора і кандидата наук за напрямками фізико-математичні, технічні та
економічні науки
(Наказ Міністерства освіти і науки України від 09.03.2016. № 241)

КИЇВ 2016

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. Вишневський, д-р екон. наук,
акад. НАНУ
В.М. Геєць, д-р екон. наук, акад. НАНУ
Л.Ф. Гуляницький, д-р техн. наук
Ю.І. Калюх, д-р техн. наук
Ю.Г. Кривонос, д-р фіз.-мат. наук,
акад. НАНУ
С.І. Левицький, д-р екон. наук
Р.М. Лепа, д-р екон. наук
О.О. Любіч, д-р екон. наук
В.О. Романов, д-р техн. наук

В.А. Пепеляєв, д-р фіз.-мат. наук
В.О. Петрухін, д-р техн. наук
С.К. Полумієнко, д-р фіз.-мат. наук
О.Г. Рогожин, д-р екон. наук
І.В. Сергієнко, д-р фіз.-мат. наук,
акад. НАНУ
М.І. Скрипниченко, д-р екон. наук,
чл.-кор. НАНУ
Д.В. Стефанишин, 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
М. Вохозка, проф., Чеська Республіка
Р. Еспехо, проф., Великобританія
А. Крайка, проф., Польща
А. Леонард, проф., Канада
П. Миколайчак, проф., Польща
С.О. Нурмінський, д-р фіз.-мат. наук,
проф., Росія

В.М. Полтерович, д-р екон. наук,
проф., акад. РАН, Росія
В.І. Суслов, д-р екон. наук, проф.,
чл.-кор. РАН, Росія
Ю.С. Харін, д-р фіз.-мат. наук, проф.,
чл.-кор. НАНБ, Білорусь
Г. Ширз, проф., Великобританія

Рекомендовано до друку Вченою радою Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України (протокол № 4 від 16.03.2016 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., Роуланд З., Врбка Я.

Оцінка платоспроможності потенційних клієнтів компанії 5

Кряжич О.О.

Алгоритм апроксимації функцій з використанням методу Дж. Зойтендейка..... 19

МАТЕМАТИЧНІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ В ЕКОНОМІЦІ

Єфімов В.М.

Як вірування-переконання, що супроводжували виникнення і розвиток капіталізму, університету і математики, рішучим чином вплинули на формування інституту магістрального напрямку економічної дисципліни..... 30

Бортніков Г.П., Любіч О.О.

Моделі стрес-тестування для оцінки ризиків банків..... 59

Коваленко О.В.

Модель управління персоналом підприємств, що працюють з тритієм.. 74

Квик М.Я., Цегелик Г.Г., Добуляк Л.П.

Використання методу послідовних поступок для розв'язування задачі підвищення рентабельності виробництва малого підприємства..... 85

АНАЛІЗ, ОЦІНКА ТА ПРОГНОЗУВАННЯ В ЕКОНОМІЦІ

Стефанишин Д.В., Романчук К.Г.

Кількісна оцінка ризиків збитків від аварій на потенційно небезпечних об'єктах..... 92

Киселев В.И., Полуменко С.К., Левкова Е.А.,

Будницкий А.А., Савин С.З.

Проблемы моделирования теневой экономики на примере нелегального оборота психоактивных веществ..... 100

РЕФЕРАТИ..... 116

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ..... 121

CONTENTS

INFORMATION TECHNOLOGY IN ECONOMY

- Vochozka M., Rowland Z., Vrbka J.**
Evaluation of solvency of potential customers of a company 5
- Kryazhych O.O.**
The algorithm of approximation of functions by using method
G. Zoutendijk 19

MATHEMATICAL AND INFORMATIONAL MODELS IN ECONOMY

- Yefimov V.**
How Founding beliefs of Capitalism, University and Mathematics Shaped
the Institution of Mainstream Economics..... 30
- Bortnikov G.P., Luybich O.O.**
Modelling stress-tests to assess risks of banks 59
- Kovalenko O.V.**
The model of personnel management the enterprises working with tritium... 74
- Kvyck M.Ya., Tsehelyk H.H., Dobuliak L.P.**
Using the method of successive concessions to solve the problem of
increasing the profitability of a small enterprises 85

ANALYSIS, EVALUATION AND FORECASTING IN ECONOMY

- Stefanyshyn D.V., Romanchuk K.G.**
Quantifying the risks of losses from accidents at potentially dangerous
structures 92
- Kiselev V.I., Polumiienko S.K., Levkova E.A.,
Budnitski A.A., Savin S.Z.**
Modelling problems of a shadow economy on an example of an illegal
turnover of psychoactive substances 100
- ABSTRACTS**..... 116
- INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**..... 121

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ

UDK 004.77

M. VOCHOZKA, Z. ROWLAND, J. VRBKA

EVALUATION OF SOLVENCY OF POTENTIAL CUSTOMERS OF A COMPANY

***Abstract.** The manufacturing sector is one of the main pillars of an advanced economy. It is the first sector to indicate potential national economic problems. In a similar way it is the first sector to show signs of recovery when an economy is coming out of recession or crisis.*

The aim of this article is to apply a neural network to be able to predict potential financial problems in manufacturing companies in the Czech Republic.

Data on all manufacturing companies in the Czech Republic over the period 2003-2013 were used for the modelling of the neural network. The data file contained 67,000 records. These records included both financial statements and non-accounting data (e.g. data on company employees).

The following networks were used for modelling the neural network: a linear network, a probabilistic neural network (PNN), a generalised regression neural network (GRNN), a radial basis function network (RBF), a three-layer perceptron network (TLP) and a four-layer perceptron network (FLP).

The analysis resulted in a concrete model of an artificial neural network. The neural network is able to determine with more than ninety per cent accuracy whether a company is able to overcome potential financial problems, within how many years a company might go bankrupt, or whether a company might go bankrupt within one calendar year. The text also includes the basic statistical characteristics of the examined sample and the achieved results (sensitivity analysis, confusion matrix, etc.).

The model can be exploited in practice by manufacturing company managers, investors looking for a suitable company for capital investment, competitors, etc.

***Key words:** manufacturing company, financial problems, prediction, artificial neural network, model.*

Introduction

Vomocil, Hajek and Olej [13] present that solvency in general means the ability of an entity to duly fulfil its obligations. Evaluation of creditworthiness of customers by business partners or banks is based on solvency, while high solvency indicates a low credit risk and low solvency indicates a high credit risk. An analysis of

customer solvency is a necessary condition for healthy business relation according to [3]. According to [10] evaluation of solvency of potential customers belongs among strategic decisions of a company management, where the so called credit management, whose aim is to evaluate objectively the solvency of customers with selection of the procedure to be applied to the seller, decides on a deal. Classification of customers according to their solvency and importance for the company is used for this purpose, while evaluation of solvency represents a process of their multidimensional classification [10].

A solvent customer can only operate healthily if it perfectly manages not only the business, but particularly the finance aspect of its business activity [15].

A thorough investigation into potential customer's solvency is particularly used in the bank sector in provision of loans. Mansouri and Dastoori [7] claim that a credit risk is one of the biggest challenges banks and similar institutions face in all economic systems. Solvent and insolvent customers thus have to be classified. A company should be able to identify customers that represent a potential risk. According to [10] this is mainly the payment risk, which might be the risk of inability to pay, unwillingness to pay and the risk of payment delay. Unless customers are solvent and not able to pay their debts, this might even lead to serious threat to company health [7]. It is not easy to find the balance between the ability to pay own bills, funding the operation capital and having satisfied solvent customers. Solvency of customers differs in the individual countries and sectors, while it depends not only on financial abilities of customers, but also on local habits [3].

Availability of trade credits is a factor that particularly determines the existence of small and medium sized companies according to [15]. Trade credit is a crucial element of company credit policy [4]. It is necessary to introduce a suitable system of evaluation of client's solvency as selection of suitable business partners is the key aspect of company success [15].

A so called Customer Profitability Analysis – CPA, which operates on the base of historic data, particularly on the short-term base is often used for evaluation of buyers' solvency [4]. However numerous methods of assessment of customer's solvency exist. Bank information, solvency models (Kralicek Quicktest, Solvency Index etc.), bankruptcy models (Altman Model, Index IN05 etc.), combined models (Balanced Scorecards) or a financial analysis are among those most frequently used.

The Kralicek Quicktest is always based on one representative of each of the four basic spheres of financial analysis (finance, liquidation, profitability and return), while the selection of these indicators is based on their economic significance. Marks are always assigned to the indicators and their sum gives the overall evaluation of the company [6].

The Solvency Index is based on multivariate discriminant analysis, it is mainly used in Central European Countries and consists of six financial ratios.

The Altman Model [1] belongs among the best known general indices of evaluation of a company business situation according to [11], while several modifications have been created through the years (a variant for public limited companies, a variant for private limited companies, a variant for non-manufacturing companies or a variant for Czech companies). The discriminant analysis, which reveals coefficients in a linear combination of the individual financial ratios is applied to the calculation.

Index IN05, suitable for a less liquid capital market belongs to a series of variants (IN95, IN99, IN01, IN05) designed by the Neumaier [11]. They also contain indicators of activity, return, indebtedness and liquidity [9].

The Balanced Scorecard method focuses on the strategic approach to performance, including value processes. It consists of individual sections, which are assigned to four perspectives (finance, customer, learning and growth and internal processes), while fulfilment of one goal leads to fulfilment of the next one (causal relation). These perspectives contain strategic goals, which then contain the key indicators of performance [5].

According to [10] the cluster analysis is the most suitable applicable method. Its aim is to classify a given number of objects into several relatively homogenous clusters on the base of the requirement that the objects inside a cluster are as similar as possible and the objects belonging to different clusters are as different as possible. Modelling assisted by rating is the most frequently used solvency modelling method according to [13]. Rating is an independent evaluation based on quantitative and qualitative parameters and its goal is to reveal how a given entity is able and willing to fulfil its obligations in time.

To keep pace with competitors companies must keep their customers satisfied, which depends mainly on an analysis and evaluation of their solvency. Analyse information [4] on customers (the information which cannot be handled by mathematical models and optimization techniques) by means of artificial neural networks.

The approach to evaluation of customer's solvency has been changing a lot recently with the growth of the progress in the IT sphere. The classical statistics, expert systems or artificial intelligence are some of the methods used for evaluation of solvency according to [2]. These systems have an advantage in the possibility to evaluate the financial health of a customer from more points of view with regard to interaction between the individual parameters. Neural networks are one of the calculation models utilized in artificial intelligence, and they are based on the example of biologic structures [8]. They are utilized for distributed parallel data processing. Neurons, which have an arbitrary number of inputs but just one output are interconnected in a network, exchange signals between each other, which they transform by means of transmission functions according to [12]. It is hard to understand neural networks and to interpret them, they might moreover suffer from overlearning [8]. Artificial neural networks undoubtedly represent a contribution in the sense of objectivity and effectiveness of decision making on solvency, while they also reduce the risk of the unfavourable influence of the human factor on decision making [2]. Financial health of customers also depends on numerous parameters that might change quickly. This is why it is also necessary to evaluate the level of adaptability of artificial neural networks to new conditions, which is in fact also excellent [4].

E.g. [14] deal with evaluation of solvency of energetic customers. They use learning vector quantisation of a neural network to create an analytic credit model.

Vomocil, Hajek and Olej [13] deal with modelling of solvency of communities by means of neural networks, which partially differs from modelling of solvency of customers. The final model is based on a forward-propagation neural network with several variants, which are verified, and their quality is evaluated according to the criterion of mean square deviation of the data in the tested set. The best results are achieved by the variants with the Quick Propagation learning function [13].

The aim of this article is to utilize neural networks for creation of a model for determination of solvency of customers of a manufacturing company.

1. Material and methodology

The data file was created on the base of a randomly selected sample of 110 manufacturing companies. Specializations of the companies was not important for the selection. However it was necessary to choose companies with longer than 20-year history, which means somehow established companies. The data relates to 2014.

As mentioned above the group contains information on 110 companies, namely:

- company name;
- place of business;
- the complete financial statement data for the examined year;
- selected financial ratios (return on assets, return on equity, return on capital employed, 1-3 level liquidity, debt etc.).

MS Excel was used for the preparation of the data file. The data for each company was always presented on one line. The file thus contains (apart from the heading) 110 lines and 167 characteristics in each line. It was imported into Statistica software by DELL. The data was subsequently processed by an intelligent problem solver, actually this was a classification problem processed by means of artificial intelligence (artificial neural networks).

An artificial neural structure was sought that would be able to classify each company on the basis of the input data into one of the following two groups:

1. solvent company,
2. insolvent company.

First we determined the characteristics of the individual companies. We had to define the output category quantity. In this case it was obviously the value presented in the column “final status” of the MS Excel sheet. A solvent company shows a positive difference between the working capital, trade liabilities and has no overdue debts. Unless these conditions are met we talk about an insolvent company. Such a company is considered to some extent risky to trade with, i.e. required a higher guarantee for unpaid debts (cash payment in advance, insurance, a letter of credit etc.). The other quantities are input ones and are continuous except for the place of business. The place of business is an input – categorical quantity.

Once this exercise was completed, 1,000 artificial neural structures¹ were generated, of which the 10 most suitable were retained. For the model, linear neural networks, probabilistic neural networks, radial basis function neural networks, three-layer perceptron networks and four-layer perceptron networks, were utilised.

For the radial basis function neural network we used 1 up to 21 hidden neurons.

The 2nd layer of the three-layer perceptron network contained 1 up to 100 hidden neurons.

The 2nd and the 3rd layers of the four-layer perceptron network both contained 1 up to 100 hidden neurons.

¹ Unless the improvement in the individual trained networks is significant the training of networks can be shortened.

2. Results – production function

1,000 artificial neural networks were generated on the basis of the set parameters. 10 artificial neural networks showing the best characteristics were retained for further assessment and subsequent processing. The results of the analysis are given in Table 1.

Table 1 – Models of artificial neural networks showing the best characteristics²

	Profile	Train Perf.	Select Perf.	Test Perf.	Train Error	Select Error
1	Linear 1:1-1:1	0.627907	0.714286	0.619048	0.481156	0.886400
2	Linear 2:2-1:1	0.674419	0.476190	0.428571	0.477751	0.883533
3	PNN 1:1-43-2-2:1	0.558140	0.666667	0.571429	0.513807	0.538365
4	PNN 2:2-43-2-2:1	0.604651	0.666667	0.476190	0.535191	0.530754
5	RBF 45:45-8-1:1	0.906977	0.857143	0.904762	0.287553	0.399138
6	RBF 45:45-12-1:1	0.953488	0.809524	0.904762	0.244266	0.361051
7	RBF 45:45-15-1:1	0.930233	0.857143	0.857143	0.215383	0.330831
8	MLP 91:91-99-59-1:1	0.953488	0.904762	0.904762	0.000000	0.100207
9	MLP 99:99-41-1:1	1.000000	0.904762	0.761905	0.001118	0.062911
10	MLP 99:99-55-1:1	0.953488	0.857143	0.952381	0.000256	0.012762

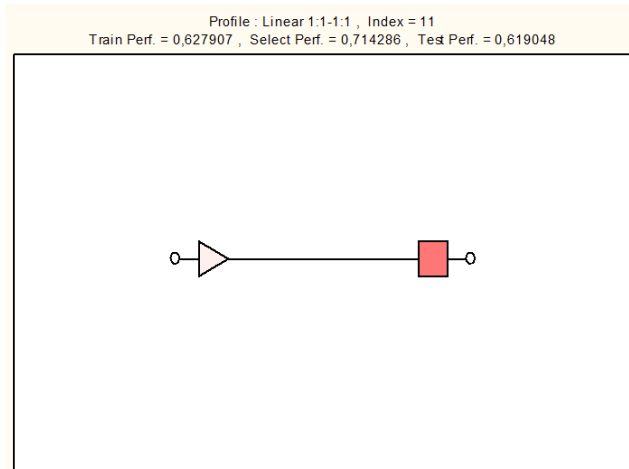
	Profile	Test Error	Training/ Members	Inputs	Hid (1)	Hid (2)
1	Linear 1:1-1:1	0.53625	PI	1	0	0
2	Linear 2:2-1:1	0.53456	PI	2	0	0
3	PNN 1:1-43-2-2:1	0.51521		1	43	2
4	PNN 2:2-43-2-2:1	0.51369		2	43	2
5	RBF 45:45-8-1:1	0.35694	KM, KN, PI	45	8	0
6	RBF 45:45-12-1:1	0.33981	KM, KN, PI	45	12	0
7	RBF 45:45-15-1:1	0.35566	KM, KN, PI	45	15	0
8	MLP 91:91-99-59-1:1	10.31337	BP100, CG20, CG1b	91	99	59
9	MLP 99:99-41-1:1	4.70291	BP100, CG20, CG58b	99	41	0
10	MLP 99:99-55-1:1	7.14166	BP100, CG20, CG0b	99	55	0

Source: Authors

Particularly linear neural networks were retained among the ten best networks, then probabilistic neural networks, radial basic function neural networks, multiple perceptron networks with two hidden layers and a multiple perceptron network with four layers.

Figure 1 shows a schematic illustration of a linear neural network Linear 1:1-1:1.

² A linear neural network is indicated as Linear, probabilistic neural network as PNN, generalized regression neural network as GRNN, radial basis network as RBF and multi-layer perceptron network as MLP.

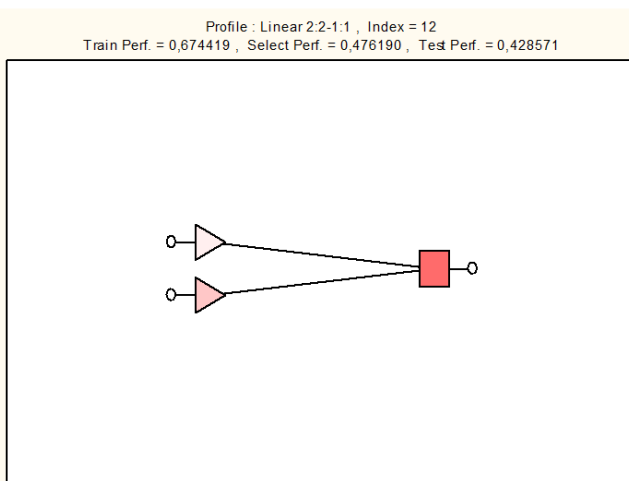


Source: Authors

Figure 1 – Graph of artificial neural network (Linear 1:1-1:1)

The first layer (from the left) represents the input to the model. The triangle represents an input for the model, namely a continuous quantity. The model does not have high success rate, it oscillates depending on the set (the training set, the validation set and the data test set) from nearly 62% to nearly 71.5%. The model is nevertheless interesting because of the fact that it is only based on a single quantity that may be simply identified in the practice, even by a layperson – we namely derive the correct result from the value of the tangible assets. These are assets with the time of use longer than one year (buildings, land, machines, groups of movable things etc.). The model is particularly suitable for quick identification of seller's solvency and for determination of the condition for further transactions between a supplier and a customer.

Figure 2 shows a graphic illustration of a linear neural network in the Linear 2:2-1:1 configuration.

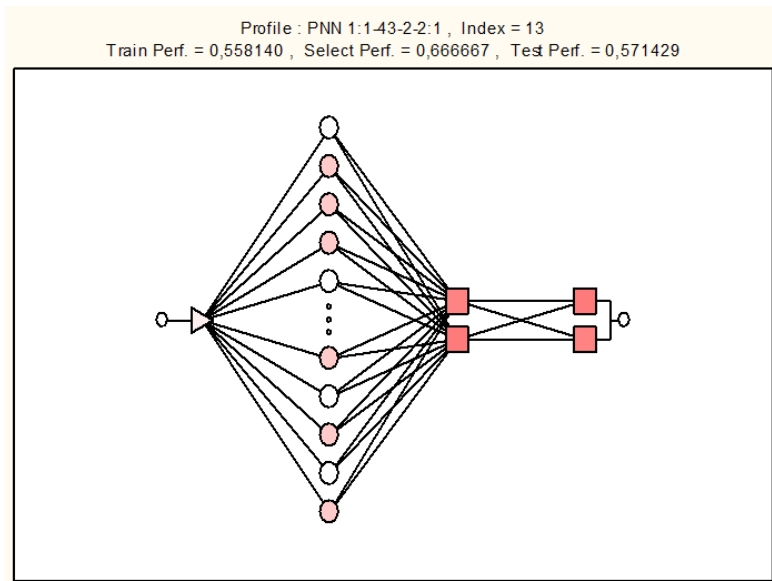


Source: Authors

Figure 2 – Graph of artificial neural network (Linear 2:2-1:1)

In this case the network did not reach the optimum values either. The prediction or classification power oscillates across the sets of the group within nearly 43% and nearly 67.5%. This model is characterized by high simplicity as well. An evaluator is able to determine the resulting state on the base of two quantities. Like in the first case these are the tangible assets. The material and energy consumption is an additional indicator. The second indicator is very useful – it presumes the level of company performance. Unfortunately it has caused lower accuracy of the model. And as the model has not reached the prediction power higher than 50%, it is useless in the practice (although it might be useful in the theory).

Figure 3 shows a graphic illustration of a probabilistic neural network PNN 1:1-43-2-2:1.

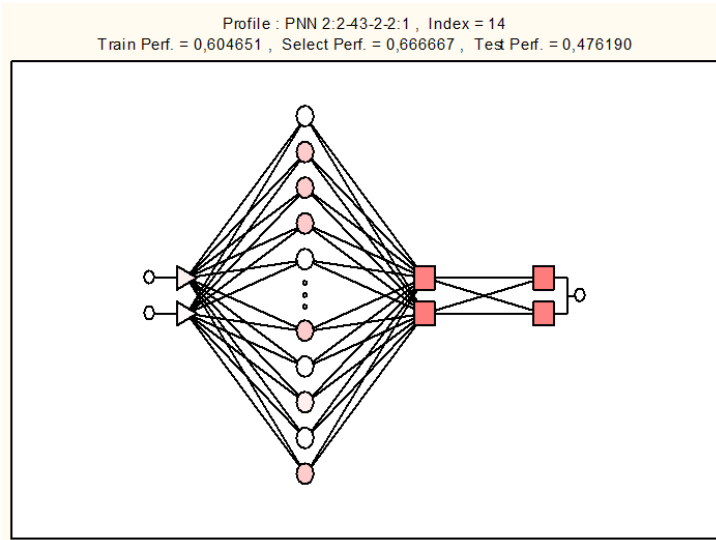


Source: Authors

Figure 3 – Graph of artificial neural network (PNN 1:1-43-2-2:1)

In the instance of the described probabilistic neural network the probability of prediction oscillates from nearly 56% to more than 66%. The model is thus more successful than the second linear network. Although there is one input indicator, it does not use the same linear models as tangible assets. On the other hand it avoids the use of financial ratios and uses the number of employees as the basic indicator. It is applicable in the practice for its simplicity. The prediction power is also higher than 50%. The application of this network is however less beneficial than that of the first linear network.

Figure 4 shows a graphic illustration of a probabilistic neural network PNN 2:2-43-2-2:1.

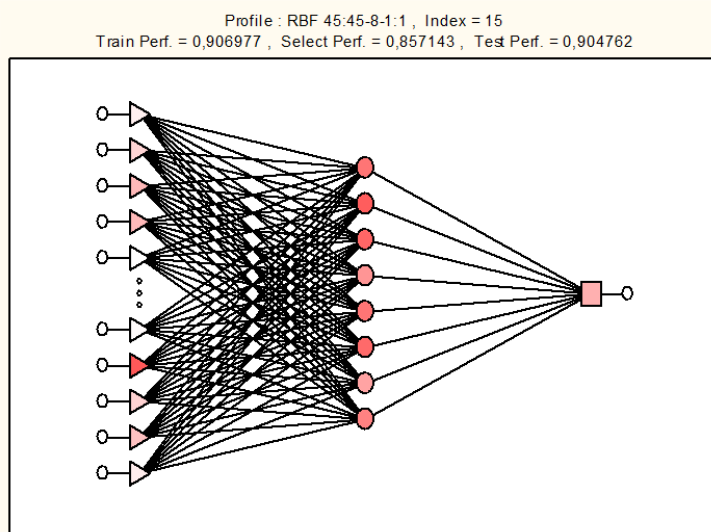


Source: Authors

Figure 4 – Graph of artificial neural network (PNN 2:2-43-2-2:1)

In the instance of the second probabilistic neural network the classification accuracy is set across the sets of data from more than 47.5% to more than 66%. With regard to the fact that the value is lower than 50% for one set, the file cannot be used in practice. There is an interesting point that the model utilizes two inputs, namely the number of employees and the type of company according to the financial statement. The economic interpretation of the results is thus not fully logical either.

Figure 5 shows a graphic illustration of a radial basis function neural network RBF 45:45 -8 -1:1.

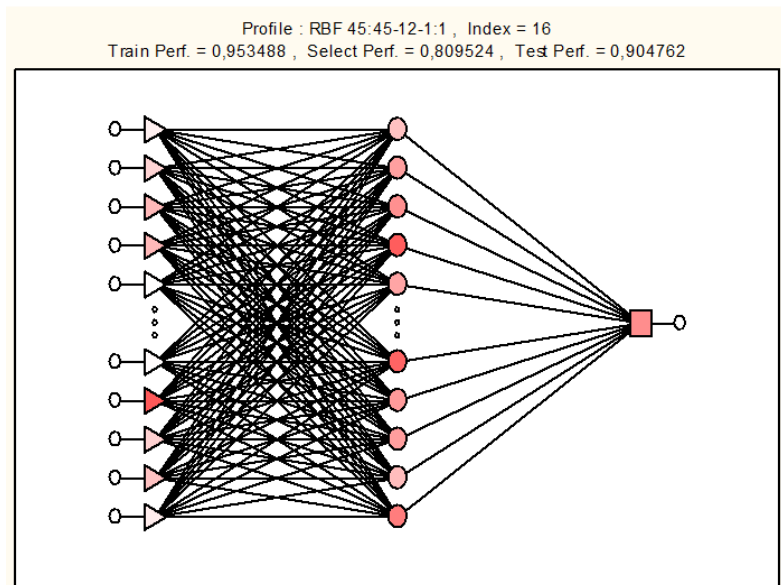


Source: Authors

Figure 5 – Graph of artificial neural network (RBF 45:45 -8 -1:1)

In the instance of this radial basis function neural network the classification power oscillates at the level from 85.7% to 90.7%. The prediction accuracy is thus very high. The networks uses 45 continuous quantities as the input values. These are various data on employees, all the financial statement components as well as selected financial ratios, namely from the number of employees via current assets up to the proportion of bank loans in the total liabilities. We admit that a large volume of data is necessary here. On the other hand it is a remarkable quality proportion from the point of view of prediction. 85.7% represents relatively reliable classification of a company and the whole model is thus applicable in the practice (even despite the number of input data).

Figure 6 also shows a graphic illustration of a radial basis function neural network RBF 45:45-12-1:1.

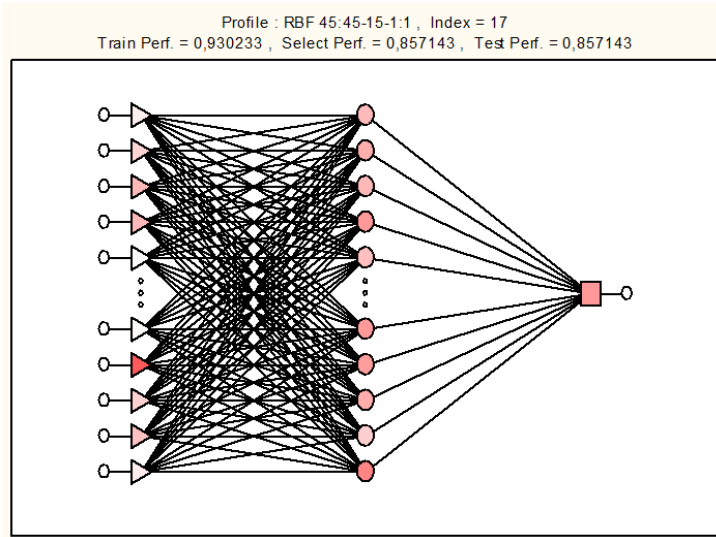


Source: Authors

Figure 6 – Graph of artificial neural network (RBF 45:45-12-1:1)

In the instance of the second neural network the probability of correct classification of a company is also relatively high. It oscillates from 80.9% up to 95.3%. Although it is lower, the model is still applicable in the practice. This network is also characterized by high demand for input quantities. It also needs 45. The input data is identical to that of the network No. 15. We may then see the difference between the two networks in the number of hidden neurons only.

Figure 7 shows a graphic illustration of a third radial basis function neural network RBF 45:45-15-1:1.

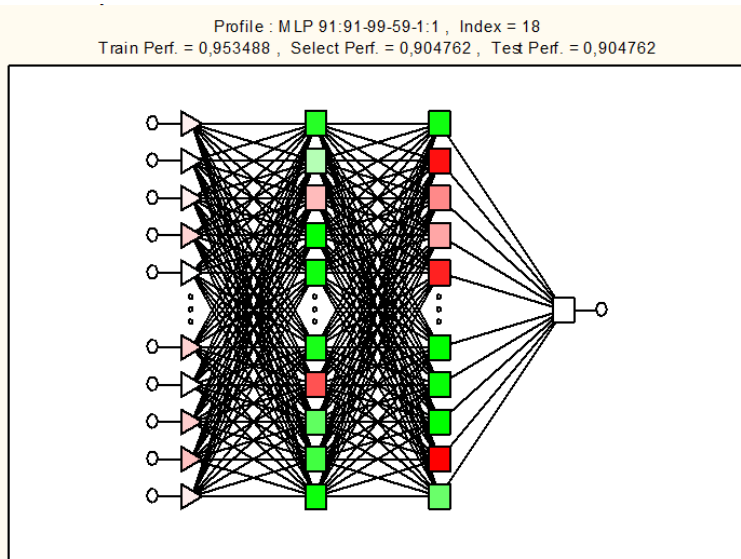


Source: Authors

Figure 7 – Graph of artificial neural network (RBF 45:45-15-1:1)

The third RBF offers reliability at the level from 85.7% to 83%. This means that it is characterized by the highest success in company solvency prediction. This RBF also works with 45 input data identical with those of the previous two networks. However it utilizes 15 neurons in the hidden layer. This model is the most successful one so far, and moreover, despite the need of significant volume of data it is applicable in the practice.

Figure 8 shows a graphic illustration of a multi-layer perceptron network with two hidden layers MLP 91:91-99-59-1:1.

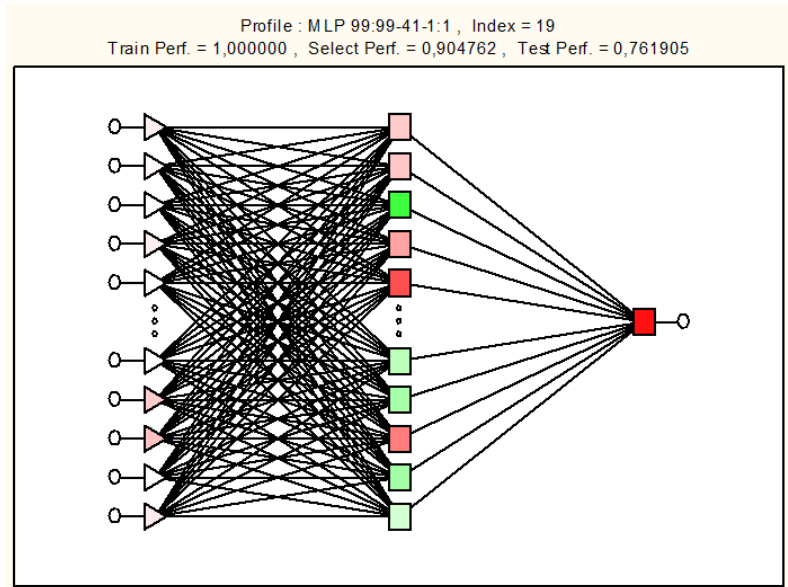


Source: Authors

Figure 8 – Graph of artificial neural network (MLP 91:91-99-59-1:1)

The four-layer perceptron network MLP 91:91-99-59-1:1 shows the success rate in classification of solvent and insolvent companies at the level from 90.5% to 95.3%. It is thus the most suitable model so far. Unfortunately it utilizes 91 various company data as input values. It uses 99 neurons in the first hidden layer and 59 in the second one. The prediction power is however very high, more than 90%. Thanks to this fact the neural network is applicable in the practice.

Figure 9 shows a multi-layer perceptron network with one hidden layer MLP 99:99-41-1:1.

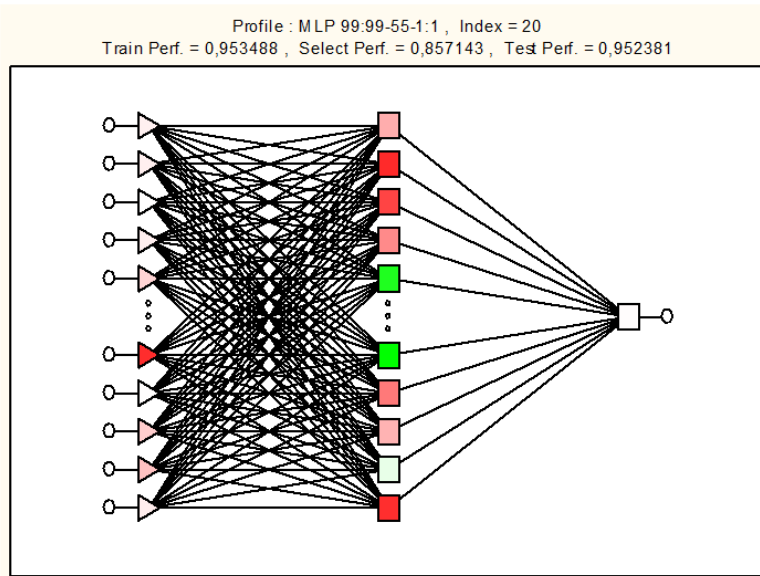


Source: Authors

Figure 9 – Graph of artificial neural network (MLP 99:99-41-1:1)

The three-layer perceptron network MLP 99:99-41-1:1 shows prediction capability from 76% to 100%. Unfortunately the difference between the individual data sets in terms of prediction power is too big, nearly 24%. This handicaps the practical applicability of the whole network. It moreover needs 99 input data items.

Figure 10 also represents a three-layer perceptron network, namely MLP 99:99-55-1:1.



Source: Authors

Figure 10 – Graph of artificial neural network (MLP 99:99-55-1:1)

The second perceptron network utilizes 99 input data items for the calculation as well. However its success rate is remarkably better than in the previous case. Its prediction ability oscillates from 85.7% to 95.2%. This means that this network is applicable in the practice as well.

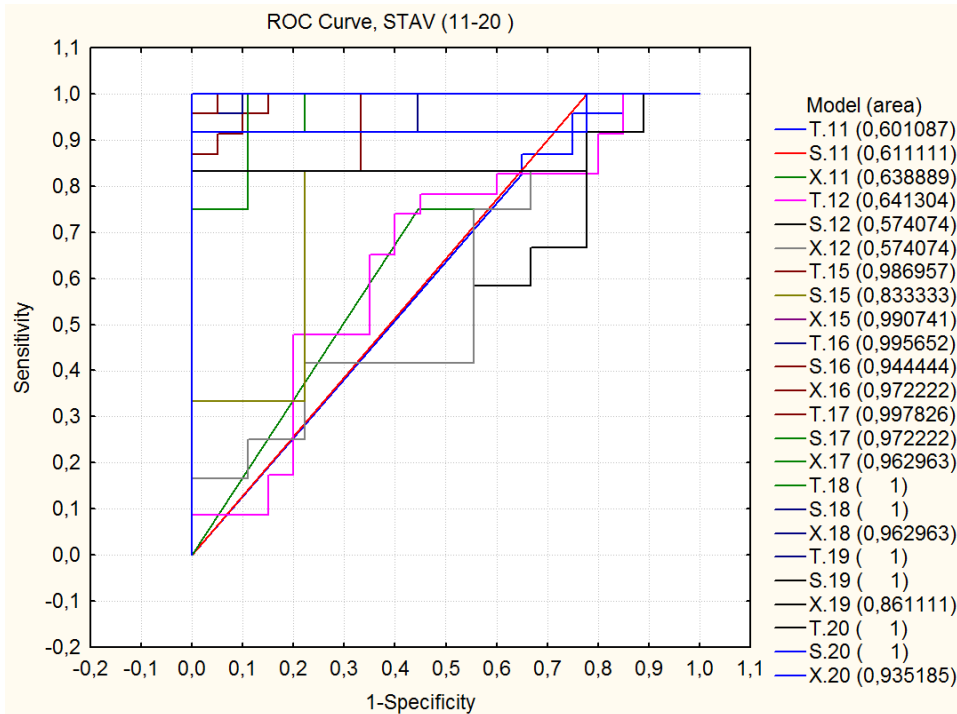
Only on the base of the graphic representation of the individual networks and their basic characteristics we can say that the multi-layer perceptron network with two hidden layers MLP 91:91-99-59-1:1 seems the best – throughout three data sets (a training one, a validation one and a testing one).

To be able to confirm the results derived from the schemes of the individual networks and the prediction power as the most important characteristic we will use the ROC Curve (Receiver Operating Characteristic). The curve is shown in figure 10.

The ROC Curve examines the sensitivity and specificity of the individual selected neural networks. We ideally seek for a point approximating the point [0,1]. Figure 10 demonstrates the course of 30 curves, i.e. 10 neural networks, each with three data sets.

An ideal network would offer the result in the form of three 1s. If we examine the curves and the keys to these curves, we choose the most successful networks among numbers 18, 19 and 20. Two of their data sets always give 1 as the result. We thus determine the most successful network according to the highest value of the third set. This is 0.963 of network No. 18.

We can then say that we have found and confirmed the most successful model for prediction of solvency and possible risk of potential clients of a manufacturing company. It is the four-layer perceptron network MLP 91:91-99-59-1:1, which defines the required result with at least 90 per cent accuracy.



Source: Authors

Figure 11 – Receiver Operating Characteristic Curve

Conclusion

The aim of the article was to utilize neural networks for creation of a model for determination of solvency of potential customers of a manufacturing company.

On the base of obtained data on a group of 110 manufacturing companies 1,000 artificial neural networks were generated. Ten of these networks, which showed the best results, were retained for further processing. After an analyses of the individual networks and upon application of the ROC Curve a four-layer perceptron neural network with two hidden layers MLP 91:91-99-59-1:1 was determined as the best one.

The obtained neural network predicts solvency or possible risk of a company (potential customer of a manufacturing company) with the probability higher than 90%. Such a prediction power predetermines the model to practical application. The other networks are not so far as successful in company classification as the one. The fact that the network needs 91 company characteristics to provide the required result is a negative side of the model. If we wanted to use a neural network for some kind of a quick test only the linear network Linear 1:1-1:1 would be suitable, as it identifies the result with relatively high rate of reliability upon a single variable – the tangible assets.

We should note that the model becomes applicable in the practice thanks to its properties. It may be utilized by the company itself or by the customers of the company or other entities.

REFERENCES

1. Altman, E. I. (1968). Financial ratios, discriminant analysis and the prediction of corporate bankruptcy. *The Journal of Finance*, 23(4), pp. 589–609.
2. Buchtkřková, A. (1998). Příspěvek k hodnocení finanční bonity bankovních klientů. Praha: Česká národní banka, Institut ekonomie, 67 p.
3. Čermák, P. (2015). Customer Profitability Analysis and Customer Life Time Value Models: Portfolio Analysis. *Procedia Economics and Finance*, (25), pp. 14–25.
4. Ersoz, S., Yaman, N., & Birgoren, B. (2008). Modeling and Analyzing Customer Data in Customer Relationship Management with Artificial Neural Networks. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 23(4), pp. 759–767.
5. Kaplan, R. S., and Norton, D. P. (2005). *Balanced scorecard: strategický systém měření výkonnosti podniku*. 4th ed., Praha: Management Press, 267 p.
6. Kralicek, P. (1991). *Grundlagen der Finanzwirtschaft: Bilanzen, Gewinn – und Verlustrechnung, Cashflow. Kalkulationsgrundlagen, Fruehwarnsysteme Finanzplanung*. Wien: Ueberrauter.
7. Mansouri, S., & Dastoori, M. (2013). Credit Scoring Model for Iranian Banking Customers and Forecasting Creditworthiness of Borrowers. *International Business Research*, 6(10), pp. 25–39.
8. Mohamad, H. H., Ibrahim, A. H., & Massoud, H. H. (2014). Modelling the financial performance of construction companies using neural network via genetic algorithm. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 41(11), pp. 945–954.
9. NEUMAIER, I., & NEUMAIEROVÁ, I. (1995). Zkuste spočítat svůj INDEX IN 95. In: *Terno*, (5), pp. 7–10.
10. Režňáková, M. (2009). Klasifikace obchodních partnerů s využitím metod shlukové analýzy. 7. Mezinárodní konference Finanční řízení podniků a finančních institucí, 7, pp. 1–7.
11. Sedláček, J. (2007). *Finanční analýza podniku*. 1st ed., Brno: Computer Press, 154 p.
12. Šnorek, M. (2002). *Neuronové sítě a neuropočítače*. 1st ed., Praha: Vydavatelství ČVUT, 156 p.
13. Vomočil, M., Hájek, P., & Olej, V. (2007). Modelování bonity obcí pomocí dopředných neuronových sítí. *Scientific Papers of the University of Pardubice, Series D*, (11), 172–181.
14. Wang, J., & Wen, Y. (2008). Application of Genetic LVQ Neural Network in Credit Analysis of Power Customer, *Fourth International Conference on Natural Computation*, pp. 305–309.
15. Wodyńska, A. (2009). Evaluation of Customer's Creditworthiness as the Instrument of Corporate Trade Credit Policy. *Contemporary Economics*, 3(1), pp. 89–103.

Стаття надійшла до редакції 02.02.2016

УДК 004.942

О.О. КРЯЖИЧ

АЛГОРИТМ АПРОКСИМАЦІЇ ФУНКЦІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ ДЖ. ЗОЙТЕНДЕЙКА

Анотація. У статті розглядається варіант кусочно-поліноміальної апроксимації із застосуванням методу можливих напрямків. Розглянута можливість застосування методу Дж. Зойтендейка для вирішення задач опису складних функцій. Представлений алгоритм та первинна комп'ютерна програма. Зроблені висновки з означенням практичної цінності представлених досліджень.

Ключові слова: функція, поліном, апроксимація, похідна.

Вступ

Нелінійність є однією з властивостей природних систем. Розвиток природної системи часто відбувається через стрибок – коли при плавній зміні зовнішніх умов виникає пороговий характер обмежень. Саме тоді відбувається радикальна зміна системи, яку вже неможливо описати рівнянням типу $a \cdot x = b$.

Нелінійні системи нерівноважні і відкриті, вони створюють і підтримують неоднорідності в середовищі. Така система схильна до самоорганізації з виникненням нових властивостей і станів з певними обмеженнями. Самоорганізація йде через точки біфуркації, в результаті чого роль випадкових факторів в системі різко збільшується. Прикладів розвитку подібних систем можна навести безліч: розростання яру, промивання русла річки, зсуви ґрунту, розповсюдження хмари диму при пожежі в лісі чи степу. Для опису таких процесів використовуються методи випадкових нелінійних обмежень-нерівностей, один з варіантів якого – апроксимація складних функцій за методом можливих напрямків – був запропонований Дж. Зойтендейком ще у 60-х роках минулого століття [1]. Проте, незважаючи на досить великий обсяг робіт з апроксимації складних функцій, що тривають ледь не століття, задача точності таких обрахунків залишається актуальною. Персональні комп'ютери дозволили вирішувати задачі апроксимації складних функцій, проте опис нелінійних систем і надалі залишається важкою задачею через необхідність здійснення багатьох перетворень.

Актуальність теми, що розглядається, полягає у наступному: існує необхідність максимально точно описати і візуалізувати процеси, що відбуваються у природному середовищі, та межі взаємодії людини, техніки і технологій та природи. Нещодавно відомий британський фізик-теоретик Стівен Хокінг попередив, що людству загрожує техногенна катастрофа [2]. Тож при роботі з програмами, що дозволяють візуалізувати за допомогою геоінформаційних технологій зони ураження сильнодіючими отруйними речовинами (СДОР) у разі техногенної аварії, необхідно максимально наближено створити модель небезпечного середовища. Сучасні інструменти моделювання дозволяють наносити ці зони на карти і схеми у вигляді кола, півкола або сектора. Зона фактичного зараження представляється у формі

еліпса і включається у зону можливого зараження. Така візуалізація не дає картини, що є наближеною до реальності, адже природна система, де відбулася аварія, має свої особливості, тож хмара СДОР не буде чітким еліпсом чи колом. Хмара СДОР може бути зваженою, заповнювати певні «кишені» місцевості, розповсюджуватися вздовж водойм або над водою. І тому важливо не лише надати особам, що приймають рішення (ОПР), інформацію про розповсюдження і глибину ураження, а й представити цей площинний варіант карти в об'ємному вимірі з візуалізацією особливостей природної системи.

Метою роботи є розробка алгоритму з використанням методу можливих напрямків Дж. Зойтендейка для візуалізації опису нелінійних систем.

Завдання роботи:

- розглянути рішення задачі з апроксимації функцій поліномами за методом Дж. Зойтендейка;
- представити алгоритм з виконанням візуалізації довільної задачі.

Питання апроксимації функцій поліномами протягом декількох десятиліть досліджувалися українськими [3–6] і зарубіжними вченими [7–8]. Проте згадуваний метод [1] є дуже цікавим зараз через точність, яку дають розрахунки за цим підходом, а сучасна комп'ютерна техніка дозволяє виконувати складні розрахунки та описи у короткій проміжок часу, що дасть змогу зазначене без обмежень використовувати на практиці.

1. Реалізація методу можливих напрямків Дж. Зойтендейка

Якщо точка x_k знаходиться на межі припустимої області X , то будь-який малий крок $\alpha_k > 0$ в напрямку антиградієнта за методами градієнтного спуску може призвести до неприпустимої точки ($x_k \notin X$). Подолання такого випадку передбачено в методах можливих напрямків, до яких відносяться метод проекції градієнта, метод умовного градієнта, опуклий симплексний метод Зангвілла і метод Дж. Зойтендейка. Загальна ідея підходу полягає у виборі мінімально можливого напрямку пошуку у граничній точці x_k , з врахуванням всіх обмежень та кута зі спрямуванням антиградієнта в цій точці.

Нехай на проміжку $[a, b]$ задана безперервна обмежена функція $f(x)$. Нас цікавить кусочно-поліноміальна функція $P(x) \in C^1(a, b)$, яка найкращим чином наближує $f(x)$ за підходом Чебишева. Виразом $C^1(a, b)$ означаємо клас функцій, безперервних на відрізку $[a, b]$ разом з першою похідною. Явно, що для $P(x)$ матиме місце наступне представлення:

$$\begin{cases} f_1(x) & x \in [a, C_1] \\ f_2(x) & x \in [C_1, C_2] \\ \dots\dots\dots & \dots\dots\dots \\ f_s(x) & x \in [C_s, b] \end{cases} \quad (1)$$

Точки $a = C_0 < C_1 < C_2 < \dots < C_S < C_{S+1} = b$ будемо вважати невідомими.

Функції $f_i(x)$, $i = \overline{1, S}$ є поліноміальними зі ступенем не менше 2. Тобто, наведена задача у випадку, якщо $f_i(x)$ мають однаковий ступінь, і є задачею побудови сплайн функції з фіксованими вузлами [8].

Задача побудови $P(x)$ зводиться до кількох завдань побудови поліномів найкращого наближення $f_i(x)$ в розумінні підходу Чебишева до функції $f(x)$ для $x \in [C_i, C_{i+1}]$ ($i = \overline{0, k}$). Цей факт впливає з принципу оптимальності Беллмана. Саме тому достатньо розглянути задачу побудови полінома найкращого наближення до $f(x)$ на деякому інтервалі. Цей поліном повинен ще задовольняти умови, що забезпечують відповідну гладкість $P(x)$.

Нехай задана функція $f(t)$ і деяка дискретна множина точок:

$$E = \{Y_0, Y_1, \dots, Y_{N+1}\} \in [a, b]$$
$$Y_0 = a, \quad Y_{N+1} = b.$$

Треба відшукати поліном заданого ступеня k :

$$\Pi_k(t) = \sum_{i=0}^k x_i t^i,$$

який мінімізує величину $\varepsilon(x) = \max_{t_i \in E} |f(t_i) - \Pi_k(t_i)|$ по усіх x з області $\Delta \subset E_{n+1}$, де Δ визначається:

$$\Delta = \{x \in E_{n+1} : f^{(i)}(a) = \Pi_k^{(i)}(a); f^{(i)}(b) = \Pi_k^{(i)}(b); i = \overline{0, 1}\}.$$

Якщо прийняти, що $t_j^i = a_{ij}$ $|i = \overline{0, k}; j = \overline{0, n+1}|$, то задача, що розглядається, буде еквівалентною наступній задачі лінійного програмування [9]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \min \varepsilon \\ \sum_{i=0}^k a_{ij} x_i - \varepsilon \leq f(Y_i) \\ -\sum_{i=0}^k a_{ij} x_i - \varepsilon \leq -f(Y_i) \\ \sum_{i=0}^k a_{i,0} x_i = f(Y_0) \\ \sum_{i=0}^k a_{i,n+1} x_i = f(Y_{n+1}) \\ \sum_{i=1}^k i \cdot a_{i-1,0} x_i = f'(Y_0) \\ \sum_{i=1}^k i \cdot a_{i-1,n+1} x_i = f'(Y_{n+1}) \\ \varepsilon \geq 0; \quad j = \overline{1, n} \end{array} \right. \quad (2)$$

Специфіка наведеної задачі лінійного програмування полягає у тому, що матриця обмежень $A = (a_{ij})$; $i = 0, k$; $j = 0, n+1$ має прямокутний вигляд і кількість рядків домінує над кількістю стовпців, $K \ll N$. Тому для вирішення поставленої задачі обрано метод можливих напрямків Дж. Зойтендейка [1]. Через те, що метод передбачає наявність нерівності, то умова виразу (2) буде розписана як дві нерівності і на майбутнє буде припущено, що всі обмеження (2) мають вигляд нерівностей.

Нехай нам дана довільна задача лінійного програмування:

$$\left\{ \begin{array}{l} \max \sum_{j=1}^k d_j x_j \\ \sum_{j=1}^k a_{ij} x_j \leq b_i \\ x_j \geq 0, \quad i = \overline{1, P}; \quad j = \overline{1, k} \end{array} \right. \quad (3)$$

Як і всі методи лінійного програмування, градієнтний метод вимагає відшукування точки, яка задовольняє обмеження задачі лінійного програмування. Позначимо її $X^0 = (x_1^0, \dots, x_k^0)$. Тоді для X^0 виконується:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^k a_{ij} x_j^0 \leq b_i \\ x_j^0 \geq 0 \quad i = \overline{1, P}; \quad j = \overline{1, k}. \end{array} \right. \quad (4)$$

На відміну від симплексного і двоїстого методів вирішення задачі лінійного програмування, X^0 може й не бути базисною точкою, що значно спрощує вирішення задачі. У цьому дослідженні припустимо, що така точка нам відома. Тоді ірраціональна процедура знаходження рішення задачі (3) зводиться до наступного:

а) з точки X^0 обираємо напрямок S , за яким величина $\sum_{j=1}^k d_j S_j$ має найбільше значення і вектор $S=(S_1, \dots, S_k)$ задовольняє обмеження $\sum_{j=1}^k P_{ij} S_j \leq 0, i = \overline{1, P_1} (P_1 \leq P + K)$, де матриця $P = (P_{ij})$ складена з умов матриці обмежень (3), які для точки X^0 виконуються як рівняння, тобто, для матриці P маємо:

$$\sum_{j=1}^k P_{ij} x_j^0 = b_i \quad i = \overline{1, P_1},$$

додаючи сюди і умову невід'ємного невідомого. Після обрання напрямку S , обираємо довжину кроку λ для переходу у наступну точку X^1 , виходячи з умови, що X^1 повинна задовольняти (4);

б) вибір величини λ здійснюємо з відношення:

$$\lambda = \left\{ \min \frac{b_i - \sum_{j=1}^k a_{ij} x_j^0}{\sum_{j=1}^k a_{ij} S_j} \mid \sum_{j=1}^k a_{ij} S_j > 0, \quad i = 1, P \right\};$$

в) будуємо точку $X^1 = X^0 + \lambda S$, яка задовольняє умови (4). Величина, на яку збільшилася лінійна форма задачі (3), дорівнює $\lambda \sum_{j=1}^k d_j S_j$;

г) повторюються пункти а) і б) відносно точки X^1 , та отримується X^2 . Це повторюється до того випадку, поки не буде існувати напрям, для якого величина $\sum d_j S_j$ стає від'ємною. Цей факт доводить, що не існує точки, яка задовольняє (4), в якій лінійна форма набувала б значення попередньої форми. Тому точка, на якій зупинився процес, буде вирішенням задачі (3).

Для побудови алгоритму слід більш детально зупинитися на виборі напрямку S . Знаходження вектора $S = (S_1, \dots, S_k)$ зводиться до знаходження рішення наступної задачі математичного програмування:

$$\sum_{j=1}^k d_j S_j \rightarrow \max \tag{5}$$

$$\sum_{j=1}^k P_{ij} S_j \leq 0 \quad (i = \overline{1, P_1}), \quad (6)$$

до якої, як правило, додають ще одне обмеження (нормалізацію) на вектор $S = (S_1, \dots, S_k)$. Для дослідження обираємо обмеження:

$$\sum_{j=1}^k S_j^2 \leq 1. \quad (7)$$

Але можливі і інші варіанти нормалізації: а) $-1 \leq S_j \leq 1$; б) $S_j \leq 1$, коли $d_j \geq 0$; $S_j \geq -1$, коли $d_j < 0$. Оскільки розміри представленої довільної задачі відносно невеликі, то кількість ітерацій для її рішення незначна.

2. Алгоритм та його візуалізація

Спираючись на обмеження (7), можна зазначити, що на практиці дуже важко буде вибрати деяку точку X^0 , яка задовольнятиме (4), то замість задачі (3) можна вирішити задачу, яка у деякому сенсі є еквівалентною задачі (3), тобто застосувати метод можливих напрямків до вирішення задач чебишевського наближення з додатковими обмеженнями:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^k d_j x_j - M_\xi \rightarrow \max \\ \sum_{j=1}^k a_{ij} x_j + \beta_i \xi \leq b_i & i = \overline{1, P} \\ x_j \geq 0, \quad \xi \geq 0 & j = \overline{1, K} \end{cases} \quad (8)$$

де M є великим невід'ємним числом, а величини визначаються системою

$$\beta_i = \begin{cases} 0, & \text{якщо } b_i \geq 0 \\ -1, & \text{якщо } b_i < 0, \quad i = \overline{1, P} \end{cases}$$

Припустімо, значення невідомої ξ дорівнює $\xi_0 = \{\max(-b_i)/b_i < 0, \quad i = \overline{1, P}\}$. У зазначеному випадку вектор $X_\xi^0 = (O_1 O, \dots, O_1 \xi_0)$ стане початковим вирішенням задачі (8). А якщо область умов, що задана у (4), є не порожньою, то задача (8) матиме оптимальне рішення, а невідома ξ дорівнюватиме 0. Саме тому, у разі отримання від'ємного рішення задачі (8) $X_\xi^{on} = \{X_1^{on}, X_2^{on}, \dots, X_k^{on}, O\}$ ми матимемо і оптимальне рішення задачі (3) $X_{on} = \{X_1^{on}, X_2^{on}, \dots, X_k^{on}\}$.

Для побудови початкового вирішення задачі (2) за допомогою комп'ютерної програми можна застосувати додаткові перетворення (9). Перехід від задачі (2) до задачі (9) обумовлюється тим, що значення точок t_i та $f(t_i)$, а також обчислення похідних $f'(a)$, $f'(b)$ завжди мають деяку похибку. Саме тому, замість рівностей (2), можна обмежитися вимогами виконання відповідних умов нерівностей:

$$\begin{aligned} |\Pi_k(a) - f(a)| &\leq \alpha_1 \varepsilon \\ |\Pi'_k(a) - f'(a)| &\leq \alpha_2 \varepsilon. \end{aligned}$$

Аналогічно будуються умови для точки b . Величини α_1, α_2 додатні та обрані в залежності від необхідної точності виконання нерівностей.

$$\left\{ \begin{aligned} &-\varepsilon \rightarrow \max \\ &\sum_{i=0}^k a_{ij} x_i - \varepsilon \leq f(Y_j) \\ &-\sum_{i=0}^k a_{ij} x_i - \varepsilon \leq -f(Y_j) \\ &\sum_{i=0}^k a_{i,0} x_i - \alpha_1 \varepsilon \leq f(Y_0) \\ &-\sum_{i=0}^k a_{i,0} x_i - \alpha_1 \varepsilon \leq -f(Y_0) \\ &\sum_{i=0}^k a_{i,N+1} x_i - \alpha_1 \varepsilon \leq f(Y_{N+1}) \\ &-\sum_{i=0}^k a_{i,N+1} x_i - \alpha_1 \varepsilon \leq -f(Y_{N+1}) \\ &\sum_{i=1}^k i \cdot a_{i-1,0} x_i - \alpha_2 \varepsilon \leq f'(Y_0) \\ &-\sum_{i=1}^k i \cdot a_{i-1,0} x_i - \alpha_2 \varepsilon \leq -f'(Y_0) \\ &\sum_{i=1}^k i \cdot a_{i-1,N+1} x_i - \alpha_2 \varepsilon \leq f'(Y_{N+1}) \\ &-\sum_{i=1}^k i \cdot a_{i-1,N+1} x_i - \alpha_2 \varepsilon \leq -f'(Y_{N+1}) \\ &\varepsilon \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, N \end{aligned} \right. \quad (9)$$

Вибір початкового вирішення для системи (9) можна отримати наступним чином.

Візьмемо $x_i = 0, i = 0, K$. Значення ε визначаємо за формулою

$$\varepsilon^0 \left\{ \max \frac{-f(Y_i)}{a_{i,\varepsilon}} \mid f(Y_i) < 0, \quad i = \overline{0, N+1} \right\},$$

де $a_{i,\varepsilon}$ – коефіцієнт при ε ($a_{i,\varepsilon} = -1, -\alpha_1, -\alpha_2$).

У цьому випадку точка $X^0 = \left\{ \underbrace{0_1 0, \dots 0}_{k+1} \varepsilon^0 \right\}$ буде задовольняти

обмеженням задачі (9), тобто, її можна означити як початкову точку.

Таким чином, вирішуючи задачу (9) методом можливих напрямків, можна отримати вирішення довільної задачі найкращого наближення поліномом $\Pi_k(x)$ функції $f(x)$ на відрізку $[a, b]$.

Далі припустимо, що поставлену задачу слід вирішити на кінцевому проміжку $[\alpha, \beta]$, де функція $f(x)$, що апроксимується, є обмеженою, безперервною та однозначною. При обраному масштабі оберемо відрізок одиничної довжини $[C_0, C_1]$. Також приймаємо, що всередині цього відрізка відсутні полюсні точки. Попередньо досліджуємо на цьому відрізку $f(x)$. Приймаємо, що $C_1 > C_0$. Нехай відрізок розбито на N частин, тобто $N+1$ точки апроксимації є заданими. Серед них є:

- а) точки C_0 і C_1 ;
- б) \bar{N} фіксованих точок;
- в) $(N+1) - \bar{N} - 2 = N - \bar{N} - 1$ звичайних точок.

Нехай x_j^0 – довільна точка ділення; $x_0^0 = C_0$ і $x_{N+1}^0 = C_1$. Вважаємо, що нам задані значення $f(x)$ в кожній із точок x_j^0 , тобто задана сукупність $f(x_j^0)$.

Визначимо

$$\delta_{1,j}^{(0)} = f(x_{j+1}^0) - f(x_j^0), \tag{10}$$

а також обчислюємо величини

$$\sigma_{1,j}^{(0)} = \frac{\delta_{1,j}^{(0)}}{x_{j+1}^0 - x_j^0}. \tag{11}$$

Тепер досліджуємо поведінку функції $\sigma_1^{(0)}(x)$, заданої точками $\sigma_{1,j}^{(0)}$ на відрізку $[C_0, C_1]$. Будемо розрізняти наступні три випадки:

- 1) $|\sigma_{1,j+1}^{(0)} - \sigma_{1,j}^{(0)}| \leq \xi^{(0)}$, де $\xi^{(0)} > 0$ – досить мале число. Тобто, функція $\sigma_1^{(0)}(x)$ з відомою точністю поводитья як постійна величина. У цьому випадку природно покласти ступінь полінома рівним одиниці $n = 1$.

2) Функція $\sigma_1^{(0)}(x)$ – знакопостійна на $[C_0, C_1]$ й $\sigma_{1,j}^{(0)} \neq 0$. Тоді $n = 2$. Якщо ж $\sigma_1^{(0)}(x)$ приймає нульове значення в m різних точках, між якими перебувають $\sigma_{1,j}^{(0)}$ відмінні від нуля, то $n = m + 2$.

3) $\sigma_1^{(0)}(x)$ – знакозмінна на $[C_0, C_1]$. З врахуванням того, що число N настільки велике щодо довжини відрізка, що ймовірність втрати зміни знака стає дуже малою. Нехай $\sigma_1^{(0)}(x)$ змінює знак у l точках з $[C_0, C_1]$ і, крім цього, в m різних точках $\sigma_{1,j}^{(0)} = 0$ (між цими точками обов'язково перебувають такі, у яких $\sigma_{1,j}^{(0)} \neq 0$), але не має знака в їх оточенні. Нехай далі в P точках, зазначених $l + m / f(x_j^0) = 0$. Тоді ступінь полінома

$$n = l + m + p + 1. \tag{12}$$

Задамося деяким числом $\tilde{\varepsilon} > 0$. Будемо говорити, що $P(x)$ задовольняє по точності, якщо

$$\begin{aligned} \max |P(x) - f(x)| &\leq \tilde{\varepsilon} \\ x &\in [a, b] \end{aligned}$$

Очевидно, що кожний поліном $f_i(x)$, що становить $P(x)$, повинен задовольняти по точності.

Нехай на деякому інтервалі $[\alpha, \beta] \subset [a, b]$ побудовано поліном $f_s(x)$ ступеня n . Побудувавши відповідну задачу лінійного програмування, як було показано вище (9), і вирішивши її, ми одержимо величину ε . Вирішення задачі відшукування $f_s(x)$ з уточненням ступеня полінома й підінтервалу апроксимації є кінцевим. У такому випадку алгоритм опису яружних цільових функцій для поставленої довільної задачі буде наступним:

1. Здійснюється введення необхідних параметрів.
2. Вибір фактичних параметрів і визначення величин, потрібних для роботи програми.
3. Визначається довжина підінтервалу апроксимації.
4. Здійснюється одночасна побудова масивів.
5. Визначається попередній ступінь полінома апроксимації за допомогою масивів.
6. Здійснюється зменшення довжини підінтервалу наполовину й відновлення лічильників.
7. Побудова матриці обмежень за допомогою масивів.
8. Побудова C_1 й початкове рішення X^1 задачі лінійного програмування.
9. Побудова напрямку S_1 .
10. Обчислення довжини кроку для побудови нового вектора X^1 .

11. Побудова нового вектора X^1 .
 12. Блок коректування ступеня.
 13. Зниження ступеня. Побудова нових обмежень задачі лінійного програмування.
 14. Підвищення ступеня. Побудова обмежень задачі лінійного програмування.
 15. Фіксація результатів і перехід до нового підінтервалу апроксимації.
- Результати візуалізації довільної задачі з опису яру, виконані за допомогою мови програмування C#, представлені на рис. 1.

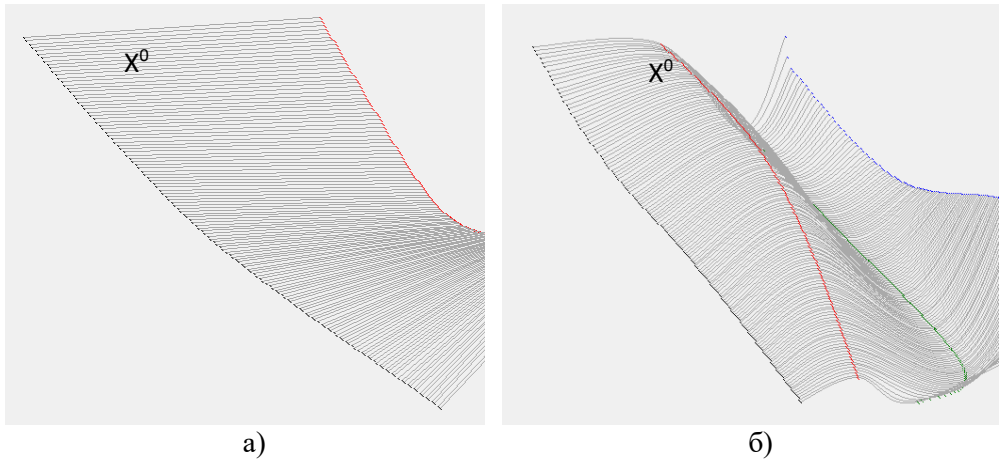


Рисунок 1 – Візуалізація рішення задачі за методом можливих напрямів
Дж. Зойтендейка

- а) довільна задача – візуалізація яру на схемі;
- б) опис, наближений до реальності

На рисунку представлений початковий вибір точки X^0 , що задовольняє обмеження задачі лінійного програмування і може бути не базисною точкою. Вигнутими горизонтальними лініями позначені кроки для побудови нового вектора X^1 , а вертикальною – напрям до пошуку від’ємної величини.

Висновки

Перспективним у представленому дослідженні є прорахунок конкретних ситуацій, які описуються яружними функціями, та візуалізація результатів, розробка модуля моделювання розповсюдження надзвичайних ситуацій з використанням геоінформаційних систем, створення програмного продукту, який би дозволяв візуалізувати моделювання нелінійних процесів.

Враховуючи те, що задачі отримання рівномірних наближень сплайнами з мінімальною погрішністю розвивалися у багатьох роботах лише у теоретичному плані, практична розробка з метою програмної реалізації є актуальною та необхідною. Слід зазначити, що наведений підхід та алгоритм може буде застосований у сфері підтримки прийняття рішень для вирішення багатьох задач, пов’язаних з описом складних систем з нелінійною динамікою процесів, що в них протікають.

Практичне значення наведеного в роботі полягає у можливості розширення інструментарію ОПР для опису зон ураження пересічених територій при техногенних аваріях.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Зойтендейк Г. Методы возможных направлений. – М.: Издательство Иностранной литературы, 1963. – 178 с.
2. Стивен Хокинг предупредил о возможной техногенной катастрофе [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://kievsmi.net/novosti/ukraina/139763-stiven-xoking-predupredil-o-vozmozhnoj-texnogennoj-katastrofe.html>
3. Василенко В.А. Сплайн-функции: теория, алгоритмы, программы. – Новосибирск: Наука, 1983. – 218 с.
4. Дзядик В.К. Введение в теорию равномерного приближения функций полиномами. – М.: Наука, 1977. – 512 с.
5. Попов Б.А. Равномерное приближение сплайнами. – К.: Наук. думка, 1989. – 272 с.
6. Киселева Е.М., Коряшкина Л.С. Модели и методы решения непрерывных задач оптимального разбиения множеств: линейные, нелинейные, динамические задачи: монография. – К.: Наукова думка, 2013. – 606 с.
7. Люк Ю. Специальные математические функции и их аппроксимации. – М.: Мир, 1980. – 608 с.
8. Альберг Дж., Нильсон Э., Уолш Дж. Теория сплайнов и её приложения: Пер. с англ. – М.: Мир, 1972. – 318 с.

Стаття надійшла до редакції 30.01.2016

МАТЕМАТИЧНІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ В ЕКОНОМІЦІ

UDK 330.101

V. YEFIMOV

HOW FOUNDING BELIEFS OF CAPITALISM, UNIVERSITY AND MATHEMATICS SHAPED THE INSTITUTION OF MAINSTREAM ECONOMICS

***Abstract.** The article shows that mainstream economics, which now includes such current as new institutional economics, is the result of an evolution shaped by three institutions (capitalism, university and mathematics) by imposing to the profession of economists their founding beliefs. These beliefs are: «laissez-faire»; «economic knowledge has a priori and exegetical character»; «all mathematical entities exist in reality»; «beauty is a criterion for theoretical constructions»; «scientific research is a play with axioms and rules of inference». Because of these beliefs mainstream economics, based on mathematical constructions arbitrarily borrowed from the physics of the nineteenth century, remains cognitively sterile and socially detrimental.*

***Key words:** institution of economics; founding beliefs of institutions; capitalism as an institutional system; institution of university; institution of mathematics (of the discipline of mathematics).*

Introduction

This article is devoted to an analysis of the birth and evolution of what is now commonly called mainstream economics. I analyse the evolution of mainstream economics during two centuries not as a purely intellectual process inside communities of economists but as a social and political process determined by an embeddedness of economics in such institutions as capitalism and the university, where the institution of capitalism played a decisive role. Economics itself is considered as an institution, i.e. as particular rules based on certain beliefs that frame the professional activities of communities of economists. At a later stage of the evolution of institution of economics, it was strongly influenced by the institution of mathematics, i.e. by rules and beliefs that frame the professional activities of communities of mathematicians. The article shows that mainstream economics, which now includes such school of economic thought as new institutional economics, is the result of an evolution shaped by three institutions (capitalism, the university and mathematics), by imposing on the profession of economists their founding beliefs, i.e. such beliefs that were linked with the birth of

the institution or played an important role in its evolution. These founding beliefs are: «laissez-faire» (capitalism); «economic knowledge has a priori and exegetical character» (university); «all mathematical entities exist in reality», «beauty is a criterion for theoretical constructions», «scientific research is a play with axioms and rules of inference» (mathematics).

The destiny of mainstream economics, initially as an intellectual activity and later as an institution, was and continues to be closely linked with capitalism. At the beginning, two Frenchmen, Pierre Le Pesant de Boisguilbert and Anne Robert Jacques Turgot investigated emerging capitalism from the point of view of existing obstacles to its development. They presented a vision of social life as a network of exchanges of commodities between egoistically-oriented merchants. The natural conclusion of their investigations for governmental economic policy of that time was the requirement for «laissez faire». The university professor of moral philosophy, Adam Smith, presented their ideas in his *Wealth of Nations* according to the canons of his discipline closely linked with theology. Laissez-faire economists of the 19th century, united in France around the *Journal des économistes* and in England around *The Economist* did not investigate the new born capitalism but, on the basis of selective perception of Smith's ideas, legitimated it and justified the laissez-faire principle. It became necessary because early capitalism generated the so-called «social question».

The institutionalisation of economics as a university discipline took place in France, England and the United States at the end of the 19th century as a kind of moral philosophy based on a vision of social life as a network of exchanges (in fact disregarding morality), in contrast to the traditional moral philosophy based on the consideration of society from the point of view of the duties and responsibilities of its members. This kind of institutionalisation was realised under the strong influence of capitalism as an institution, with the growing decision-making power of businessmen in all domains of social life, including university education. The French, British and American universities of the 19th century, with their Aristotelian understanding of science, had favourable conditions for such institutionalisation.

A different type of economics was institutionalised at the end of the 19th century in German universities, where the understanding of science was not taken from Antiquity and Cartesian modernity, but corresponded to experimental practices in natural sciences. The task of this economics was not to legitimise capitalism with its 'social question', but to find fair and efficient solutions to this question in the framework of capitalism. This kind of economics as a science, and not as a moral philosophy, has been transferred to the United States under the form of Institutionalism, but has been killed by the institution of capitalism («Academic freedom» trials, selective recruitments and funding).

Economics as a moral philosophy legitimating capitalism and rationalising its negative consequences needed strong justifications to be considered as a 'science'. The best way to do it was its mathematisation. William Stanley Jevons and Léon Walras achieved this by an arbitrary imposition onto social reality of a paradigm taken from an alien field of knowledge, namely mid-nineteenth century physics. Their marginalism was nothing else but a continuation of economics as a moral philosophy (in spite of its mathematical clothes) with its vision of social life as a network of exchanges and its invisible hand of their regulation. The mathematisation of economics was based on the belief that mathematics is a

universal scientific language and/or on the belief that «all mathematical entities exist in reality». After World War Two a very close interaction between the communities of economists and mathematicians resulted in the adoption by economists of two other founding beliefs shared by mathematicians: «beauty is a criterion for theoretical constructions» and «scientific research is a play with axioms and rules of inference». Because of these beliefs, mainstream economics, based on mathematical constructions arbitrarily borrowed from the physics of the nineteenth century, remains cognitively sterile.

1. The birth of political economy from the point of view of Bruno Latour's and Rom Harré's models of scientific research

Economists continue to consider scientific research using logical concepts of deduction and induction. A recently published article «concludes that Petty relied almost exclusively on deduction in his scientific approach and that his analysis does not reveal any inductive reasoning» [90]. This kind of consideration is certainly out-of-date [38; 40]. William Petty was a founding member of the Royal Society of London, the cradle of the institution of science. The motto «Nullius in Verba» (demonstration by facts and not by words) has become the rule at the basis of the institution of natural sciences, the most important feature of the scientific culture. Bruno Latour and other specialists of Science Studies have investigated this culture and shown that the hypothetico-deductive model never corresponded to the realities of scientific research [52]. They switched from the discourse around this model to a new model of scientific research, the elaboration of which has been based on historical and field studies of scientific practices in natural sciences [55, 56]. The activities of the Royal Society of London represented efforts to collect data in the framework of experimental situations, working out of detailed reports and collective evaluation of obtained results. The reports of the Royal Society served to enlarge the number of witnesses to experiments, and in this way «to make virtual witnessing a practical option for the validation of experimental performances» [77, p. 69]. One of the key founding members of this society, Robert Boyle, insisted on his «lack of preconceived expectations, and, especially, of theoretical investments in the outcome of experiments» [77, p. 68].

According to Bruno Latour, the specificity of scientific research does not consist in a special «scientific method», but in the design of experimental situations, in which the object has the possibility to resist, «to object» to the ideas of the researcher concerning it. Part of the experimental situation is a recording device assuring descriptions, the core of the experimental work. Latour contests conclusions of «scientific methodologies» in social sciences which ignore this most important feature of scientific research: «Unfortunately, although it tastes and smells like hard science, those all-terrain «scientific methodologies» are a sham and a cheap imitation for a reason that becomes clear if we go back to the definition of objectivity, as what allows one entity to object to what is said about it. If we lose the influence of the object in what is said about it, as quantitavists are so proud of saying, we also lose objectivity!» [53, p. 115]. It is this property of scientific research which is responsible for such a huge influence of science-based technologies on humanity.

Such works of William Petty as «Political Arithmetic» and «Political Anatomy of Ireland» represent results of a large scale survey in Ireland [58, p. 84 - 118]. The

undertaking of this survey provided Petty with the opportunity to examine in microscopic detail the social and economic condition of an entire people and gave him a wealth of empirical knowledge [3, p. 11, 12]. This survey fulfilled in Petty's research the role of a recording device. Petty did his economic research in such a way that more than three hundred years later Latour characterised the work of the social scientist: «we are in the business of descriptions. Everyone else is trading on clichés. Enquiries, survey, fieldwork, archives, polls, whatever – we go, we listen, we learn, we practice, we become competent, we change our views. Very simple really: it's called inquiries. Good inquiries always produce a lot of new descriptions» [54, p. 146]. For Latour, a descriptive text produced by a social scientist on the basis of close contacts with acting human beings is «the functional equivalent of a laboratory. It's a place for trials, experiments, and simulations» [54, p. 149].

Pierre Le Pesant de Boisguilbert devoted his «Le Détail de la France» primarily to taxes and contributions, as William Petty did with his «Treatise of Taxes and Contributions». The latter book was written after the completion of the survey in Ireland and was certainly based on it. The former book contains empirical investigations made by Boisguilbert himself and «far from being an intellectual perspective or pure speculation, on the contrary, his system arises from lengthy experience and constant contact with practical concerns» [26, p. 2]. As he wrote himself in one of his letters he «devoted himself to the practice of all the details and knowledge of all parts of the kingdom» [42, p. 146]. In another letter he admitted that he could not fulfill his functions of lieutenant general (civil servant's position) without going into detail in all kinds of commerce and traveling constantly in search of information in the countryside and interrogating every labourer he met. He also collected information by communicating with rich merchants and capitalists [42, p. 154]. Now we would say that he used the technique of interviews. Reading Boisguillebert's book «Le Détail de la France» [7], originally published in 1695, one can get the impression that he is reading a report of participant observation following Clifford Geertz's methodology of thick description. It totally corresponds to Rom Harré's model of research in social sciences [91].

Table 1 – Two ontologies [40, p. 29]

Ontologies	Locative systems	Entities	Relations
Newtonian	Space and time	Things and events	Causality
Discursive	Arrays of people	Speech acts	Rules and story lines

According to Rom Harré, «if one wants to explain some social phenomena one might say that it was the rule or the convention that made one do it, so that was

where the source of causal efficacy in the social world is to be located» [39, p. 118]. «Le Détail de la France» is full of descriptions of such rules and conventions. Rom Harré's approach to social sciences is based on a totally different ontology from that inherited from Newtonian mechanics. What we have to investigate in social sciences – and economics is (or should be) a social science – are not things and events but discourses consisting of speech acts. Because social relations are mediated by language, conversations can be considered as primary social reality which has to be studied. Instead of looking for causal relations, social scientists (including economists) have to try to reveal rules and supporting story lines (reflection of beliefs), which together make institutional knowledge. In order to do this «the experimenter or observer has to enter into a discourse with the people being studied and to try to appreciate the shape of the subject's cognitive world» [40, p. 21]. The researcher has «to know what a situation means to a person and not just what the situation is (say, according to a description in terms of its physical characteristics as there are seen by an observer) if we are to understand what that person is doing» [40, p. 21]. For this kind of research, it does not matter where and even when something was said, but what really matters it is who said it. Institutional knowledge is not universal; it is local. That is why the people contacted should have knowledge linked with the phenomena under study. In this sense «array of people» means people from a certain appropriate community. At the same time, «array of people» means a sample from a target community. The choice of the people in the sample and its size are done in a totally different way compared with the mechanistic approach. The researcher contacts people who are willing to share their knowledge. The size of the sample (number of people contacted) is determined by the so-called «theoretical saturation», when the researcher learns nothing new by contacting additional people from the target community.

Boisguilbert was the first to formulate the principal liberal proposition in terms of economics [26, p. 11 - 12]. The doctrine of laissez-faire was born on the basis of objective analysis of early capitalist practices that constantly came up against numerous obstacles. A natural conclusion from this analysis was laissez faire: «Either it is left to nature, or we create a new mechanism. <...> And since an entirely new, regulated machine is inconceivable, then let all regulation be banished» [26, p. 91]. Boisguilbert expressed it in his «Factum de la France» telling the well-known story of a meeting between a merchant from Rouen, Thomas Le Gendre, and the Minister of finance Jean-Baptiste Colbert; when the minister asked how the French state could be of service to the merchants and help promote their commerce, Le Gendre simply replied «Laissez-nous faire»: «the merchant said that there was a very certain and easy method to put into practice, which was that if he and his ilk [i.e. the ministers and the men in charge of the state] stopped interfering in it [in trade] then everything would go perfectly well because the desire to earn is so natural that no motive other than personal interest is needed to induce action; and that there was only one constant violence, caused by indirect interests, which could destroy this state of affairs and throw the economy into the present state» [26, p. 92].

Half a century later, Anne Robert Jacques Turgot in his «In Praise of Gournay» («Eloge de Vincent Gournay») reformulated the same idea: «The general freedom of buying and selling is therefore the only means of assuring, on the one hand, the seller of a price sufficient to encourage production, and on the other hand, the

consumer, of the best merchandise at the lowest price» [89, p. 107]. If Boisguilbert based his conclusions on his own empirical investigations, Turgot used for this purpose participant observations of Gournay: «M. de Gournay was of the opinion that every man who works deserves the gratitude of the public. He was astonished to find that a citizen could neither manufacture nor sell anything without having bought the right to do so by entering a corporation or guild at great expense, and that, after having bought this right, it was still sometimes necessary to have a law suit, to determine whether by entering this or that corporation he had acquired the right to manufacture precisely this or that article»; «He had not imagined that in a kingdom subject to the same prince, all towns looked on each other as enemies, that they would assume the right to prohibit work within their precincts to other Frenchmen, classifying them as foreigners, to oppose the sale or the free transit of commodities of a neighboring province – and thereby for the sake of some fleeting interest, to contend against the general interest of the State, etc., etc.» [89, p. 104, 105]. It is in this way that economics linked with laissez-faire belief was born.

2. History of economic thought from the point of view of political science

The previous section of the article was devoted to the birth of economics. Starting from the third section the rest of the article will concern certain episodes of its evolution linked with what we call now mainstream economics. The approach I use in my analysis is the following: the evolution of mainstream economics during two centuries will be studied here not as a purely intellectual process inside communities of economists but as a social and political process determined by its embeddedness in such institutions as capitalism and the university. Economics itself is considered as an institution. I define the notion of institution in the following way: an institution is a set of formal and informal rules, and also beliefs, that stand behind these rules, that orient the behaviour of members of a certain community. Individuals can be at the same time members of several different communities. Formal rules for a community are often the result of compromise with other communities. The informal rules of the behaviour of a community are more linked than formal ones with beliefs shared by members of this community. The most important among these beliefs are those that were linked with the birth of the institution or played an important role in its evolution. I call these beliefs the founding beliefs of the institution. I define the notion of the institutional knowledge of members of a community acting in the framework of an institution as the total sum of knowledge of its members concerning formal and informal rules and beliefs making up this institution.

The rules of the institution of economics relate to university professors and students of economics. These rules provide a framework for developing curricula and syllabi, as well as for the organization of examinations. They define the procedures and directions of economic research, and the criteria for publication of articles in academic economic journals. These rules include formal and informal rules of functioning of professional organizations of economists, such as the American Economic Association. Beliefs that underlie the rules of functioning of the community of academic economists are expressed in different answers to such questions as: What does it mean to undertake economic research? What is the purpose of economic research? What should economists study? How should they carry out the study? In what form should the results of the study be presented?

What does it mean to teach economics? What kind of economics should we teach? The answers to these questions, along with formal and informal rules of behaviour based on the answers, altogether constitute the institutional knowledge of professional economists. Candidates for admission to the profession acquire most of this knowledge during the preparation and defense of PhD dissertations that many do in the framework of post-graduate studies. If someone becomes a member of the profession and does not have this knowledge, or refuses to follow its instructions, then sooner or later she/he will be rejected by the profession.

The approach used in this article is similar to the approaches of such interrelated currents of political science as Historical Institutionalism [83], Discursive Institutionalism [74; 75] and Constructivist Institutionalism [41]. Political scientists usually link the birth of historical institutionalism with the publication of the book of Theda Skocpol [81]. Sometimes representatives of this current are nominated as historical-interpretive institutionalists [83]. Theda Skocpol has never felt any respect whatsoever for disciplinary boundaries [82, p. 16]. Her statement hereafter presented is central to the research made in this article: «Institutions embody ideas. Actually they marry them to resources and patterns of power, social power, and institutions certainly offer definitions of the situation. At the level of political psychology, that explains why people simply are not short-term instrumentalists. They accept definitions of the situation that seem workable and are backed by powerful relationships. People have to deal with such institutionalized definitions of the situation on a day to day basis» [82, p. 18]. At last Skocpol is willing to study «what is» and not «what ought to be»: «I am a social scientist. I believe there is a difference between science and normative work, and good social science is not exactly the same thing as advocacy, though advocacy always benefits from sound scholarship» [82, p. 19].

Advocates of historical institutionalism pay strong attention to embodiment in the analysis of asymmetries in power relations: «Historical institutionalists accepted the contention that conflict among rival groups for scarce resources lies at the heart of politics», they found explanations of inequalities that mark national political outcomes «in the way the institutional organization of the polity and economy structures conflict so as to privilege some interests while demobilizing others». Historical institutionalists see «the state no longer as a neutral broker among competing interests but as a complex of institutions capable of structuring the character and outcomes of group conflict» and «have been especially attentive to the way in which institutions distribute power unevenly across social groups. Rather than posit scenarios of freely-contracting individuals, for instance, they are more likely to assume a world in which institutions give some groups or interests disproportionate access to the decision-making process; and, rather than emphasize the degree to which an outcome makes everyone better off, they tend to stress how some groups lose while others win» [36, p. 941 - 947].

Discursive Institutionalism has been introduced by Vivien A. Schmidt [74]. Political scientists analyse ideas and discourses in order to explain the dynamic of institutional change or continuity. The «institutionalism» in this term highlights the fact that this is not only about the communication of ideas or «text» but also about the institutional context in which and through which ideas are communicated via discourse [75, p. 2, 4]. Discursive and historical institutionalism are for the most part complementary. Discursive institutionalism can help historical institutionalism to explain the dynamics of change in historical institutionalist structures through a

meaning-based logic of communication and historical institutionalism can help discursive institutionalism to explain the path-dependent regularities of ideas and discourse in different institutional contexts [74]. The institutions of discursive institutionalism are «simultaneously constraining structures and enabling constructs of meaning, which are internal to «sentient» (thinking and speaking) agents whose «background ideational abilities» explain how they create and maintain institutions at the same time that their «foreground discursive abilities» enable them to communicate critically about those institutions, to change (or maintain) them» [75, p. 4].

In Constructivist Institutionalism, which has features of both historical and discursive institutionalisms, focus is on the constructed nature of political opportunities structures; on institutional creation and post-formative institutional change; and ideational preconditions of institutional change [41, p. 58 - 59]. In this article on the basis of constructivist institutionalism I will consider certain episodes of the institutional history of economics in order to show how the institution of economics was influenced, and in many respects shaped, by three other institutions.

3. On the way to a profession in the service of capitalism

Boisguilbert and Turgot investigated emerging capitalism from the point of view of existing obstacles to its development. They presented a vision of social life as a network of exchanges of commodities between egoistically-oriented merchants. The natural conclusion from their investigations for governmental economic policy of that time was the requirement of *laissez faire*. The university professor of moral philosophy, Adam Smith, presented their ideas in his “Wealth of Nations” according to the canons of his discipline closely linked with theology [92, p. 88 - 106, 112 - 113]. In the United States of the first half of the nineteenth century political economy was interpreted «as a divinely ordained extension of Christian moral philosophy» and «textbooks welcomed in New England might convey that «invisible hand» was really the hand of God» [4, p. 7]. The Smith’ work was largely diffused in the French language [27]. Jean-Baptiste Say contributed to the spreading of his ideas in France. Capitalism is a complex institutional system with a community of owners and managers of capital as a determinant of this system. The *laissez-faire* concept is an important belief of most members of this community closely linked with their interests, and can be considered as the founding belief of the system. In the nineteenth century, the most influential group in the community of owners and managers of capital became industrialists. It is evident and well known that «as the strength and power of manufacture grew, industrialists found within the work of Smith and Say a justification for their activities, a validation for their material wealth, and «scientific» support for the principles of *laissez-faire* and government non-intervention» [72, p. 23].

Laissez-faire economists of the nineteenth century, united in England around «The Economist» and in France around the «Journal des économistes», did not investigate the new born capitalism but, on the basis of selective perception of Smith’s and Say’s ideas, legitimated it and justified the *laissez-faire* principle. This became necessary because of the fact that early capitalism generated the so-called «social question». The latter was usually referred to «everything from working-class poverty to workplace indiscipline to unionization, strikes, and working-class socialist activism» [72, p. 3]. Preconditions for the social question existed in

England already at the time of Adam Smith. In the pits of Durham or Northumberland one could see the following picture: «Here men and women worked together, stripped to the waist, and sometimes reduced from pure fatigue to a whimpering half-human state <..> children of seven or ten who never saw daylight during the winter months were used and abused and paid a pittance by the miners to help drag away their tubs of coal; pregnant women drew coal cars like horses and even gave birth in the dark black caverns» [44, p. 43]. A similar condition existed in factories where «children, who tended the machines round the clock for twelve or fourteen hours at a turn, cooked their meals on the grimy black boilers, and were boarded in shifts in barracks where, it was said, the beds were always warm» [44, p. 44].

To be an «economist» in Great Britain of the nineteenth century meant the feature of a certain «social and political culture – hence the foundation and naming of “The Economist” in 1843 as journal to support the cause of Free Trade» [88, p. 4]. Many private clubs, such as «the Political Economy Club of London, founded in 1821, provided an organisational centre for the discussion and propagation of «sound» doctrines, particularly free trade» [16, p. 402]. The character of discourse in England in the middle of the nineteenth century concerning the social question and how it was linked to political economy can be illustrated by some biographic details of one of the central figures in the institutionalisation of economics, Alfred Marshall. Young Marshall could not ignore the existence of the social question and being involved in studying ethics he «thought that the justification of the existing condition of society was not easy». One of his friends told him «Ah! if you understand Political Economy you would not say that» [48, p. 137]. In a manuscript, which was designed for the Preface to the book “Money, Credit and Commerce”, Marshall explained what this friend meant: «About the year 1867 (while mainly occupied with teaching Mathematics at Cambridge) [I have been in] touch with the question: how far do the conditions of life of the British (and other) working classes generally suffice for fullness of life? Older and wiser men told me that the resources of production do not suffice for affording to the great body of the people the leisure and the opportunity for study; and they told me that I needed to study Political Economy» [48, p. 138]. This was one of the justifications that political economy provided for existing condition of society. Articles published in economic journals and political economy textbooks contained many other justifications. Hereafter are examples of such justifications: «Since wages were determined by the natural self-regulating mechanism of supply and demand, any attempts to artificially set wages ran the risk of destabilizing the entire market»; «the workers were miserable because they immediately spent all their money rather than putting it aside for an uncertain future»; «if the nineteenth-century working class was unable to pull itself up the social ladder as the bourgeoisie had once done it was due to lack of effort, immorality, and ignorance rather than to a laissez-faire economic system» [72, p. 15].

The following quotation from a report dated 1864 of the French Minister of Education, Victor Duruy, to Emperor Napoleon III on the creation of the Department of Political Economy at Paris Faculty of Law shows governmental involvement in spreading ideas of political economy as justifications of the existing social order: «Your Majesty once addressed these words to the national industry exhibitors: “Spread among your workers the sound doctrines of political economy”. You, Sir, also claimed that the duty of government is to propagate these

necessary concepts, which, according to the English minister of that time, saved England from socialism. This necessity proclaimed by the Emperor fourteen years ago, the country recognizes today. Public opinion demands that unfortunate gap in our general educational system is filled, and several cities have already claimed the opening of political economy courses» [23, p. 43 - 44]. French political economists saw important opportunity for professionalization of their discipline. In order to get «scientific status and power» the discipline «protected itself from unwanted knowledge», «elevated particular types of knowledge and disqualified others» [72, p. 6]. Unwanted knowledge primarily concerned the social question: «It was industrialists who offered the descriptions of “la question sociale” and proposals for its solution that economists in turn studied, promoted and grafted onto their science» [72, p. 7]. In order to do it they relied upon fictional «Adam Smith and Jean-Baptiste Say who they invented» [72, p. 19] by ignoring in their teachings everything that contradicted the laissez-faire principle. Their writings were determined by «their will to defend social order and their fear of socialism» [79, p. 777].

In the United States, beginning from the mid-nineteenth-century, Christianity inspired both camps of American economists, advocates of laissez-faire and its opponents. I will touch on the Social Gospel movement in the next section, but the opposite movement was finally victorious: «Members of so-called clerical school of academic economists <...> worked closely with a group of wealthy and prominent men of affairs. Their common goal was the installation of laissez-faire as an American system of economics» [33, p. 37]. After the Civil War they continued to develop the mid-century economic synthesis which «was the joint creation of academics who domesticated English classical economics as a scientific substitute for moral philosophy and American businessmen who needed just such a rationale for the developing industrial economy» [33, p. 36]. Perhaps the most prominent academic economist issued from the clergy was William Graham Sumner. He defended radical laissez-faire as being justified by laws of evolution. Sumner wanted to study the economic and social problems of his day scientifically and in Herbert Spencer's “Study of Sociology”, he found the model to follow. After «resigning his clerical post, Sumner became the first occupant of a chair in political economy and social science at Yale» [33, p. 43]. In this country «by the mid-1870s laissez-faire economists had consolidated their control of the discipline in the colleges. Economics had become a science of wealth and a useful justification for entrepreneurs who were reaping the fruits of an expanding economy. Prominence as an economist depended on faithfulness to the laissez-faire system, not on training or demonstrated scientific ability <...> laissez-faire was more than a mere test of economic orthodoxy. It was used to decide whether a man was an economist at all» [33, p. 39 - 40].

4. Two types of universities and the institutionalisation of two types of economics

It seems that historians of economic thought did not pay much attention to the fact that professionalization of economics took place inside universities. Institutions of economics appeared in Europe and the United States in the second half of the 19th century. They were born inside the national institutions of universities. The first universities were created in the 13th century. This is distinct from the birth of the

institution of science in the 17th century, which took place outside the university. This birth can be linked with the foundation in 1662 of the Royal Society of London for the Improvement of Natural Knowledge. For several centuries, universities did not carry out any research but were purely educational establishments subordinated to the Church and state, with the task of educating clergymen and civil servants [14]. Up to the 18th century, universities provided education based on ancient Greeks and Romans, as well as on the Bible and theological texts and «natural sciences were incorporated quite late in British university education, sometimes not until the 1880s» [31, p. 149]. The founding belief of the institution of universities was the idea that «all accessible knowledge is based on certain texts inherited from Antiquity and that any progress in knowledge could derive only from a more detailed exegesis of these texts» [14, p. 10]. The first economist-researcher, William Petty, affiliated to the Royal Society of London, abandoned very quickly his academic career because «he had a lifelong antagonism towards the universities, based upon his temperament combined with philosophical convictions which almost inevitably gave rise to a contempt for orthodox learning. The antagonism was at bottom an expression of his commitment to the Bacon-inspired new science» [3, p. 11]. Similar negative feelings towards universities were felt by a second economist-researcher, Pierre Boisguilbert [42, p. 134]. It could seem to be a paradox, but it is not, that mainstream followers of these researchers rely only on conclusions of their research but not on the way they did this research. This deviation from the initiators of economics was imposed on the discipline of economics by two institutions: capitalism and university.

The fact that economics was institutionalised in the institution of universities is crucial for understanding the history of French, English and American economics because in this way the founding belief of the institution of universities influenced very much the economic profession. The separation of science and philosophy that took place with birth of the Royal Society of London did not concern economics in these countries at the end of the 19th century. Economics was proclaimed science but remained a kind of moral philosophy. This moral philosophy was based on the vision of social life as a network of exchanges (in fact disregarding morality), in contrast to the traditional moral philosophy based on the consideration of society from the point of view of the duties and responsibilities of its members. This type of institutionalisation was realised under the strong influence of capitalism as an institution, with the growing decision making power of businessmen in all domains of social life, including university education. The French, British and American universities of the 19th century, with their Aristotelian understanding of science, had favourable conditions for such institutionalisation.

A different type of economics has been institutionalised at the end of the 19th century in German universities, where the understanding of science was not taken from Antiquity and Cartesian modernity but corresponded to experimental practices of natural sciences with the creation in 1810 of the first research university in Berlin. The task of German economics was not to legitimise capitalism with its «social question», but to find just and efficient solutions to this question in the framework of capitalism. This kind of economics as a science, and not as a moral philosophy, has been transferred to the United States under the form of Institutionalism, but has been killed by the institution of capitalism («academic freedom» trials, selective recruitments and funding). Let's consider the institutionalisation of two types of economics in more detail.

At Glasgow University, Adam Smith taught «Moral Philosophy, a discipline a great deal more broadly conceived in that day than ours. Moral Philosophy covered Natural Theology, Ethics, Jurisprudence, and Political Economy» [44, p. 42]. Smith has not left a textbook of this course but we can judge Moral Philosophy courses of that time in Britain by looking at the manual “Principles of Moral and Political Philosophy” by William Paley (1743–1805). Paley lectured at Cambridge University courses on the New Testament and moral philosophy, which subsequently formed the basis of his manual. Now he is best known as a theologian, the author of the book «Natural Theology». Keynes suggested that Paley was «the first of the Cambridge economists» [48, p. 91]. Paley’s manual «Principles of Moral and Political Philosophy» contains reasoning oriented to justify different types of formal and informal rules in force in Britain. Some parts of this book are devoted to the economic domain, for example property and different kinds of contracts concerning sale, lending of inconsumable property and money, contracts of labour service or labour partnership and so on, and others to civil rights, duties, and the civil government. Altogether the book can be considered as a collection of justifications of the existing social order. Many of these justifications are purely theological. The manual has a special part entitled «Duties Towards God» and a chapter «Of the Duty of Civil Obedience, As Stated In the Christian Scriptures». Paley admits that the whole system of reasoning in the book justifying different kinds of rules supposes the affirmative answer to the question: «Will there be after this life any distribution of rewards and punishments at all?» Adam Smith followed the intellectual habit of his time of putting God in the centre of their deductive system. Thinkers of that time consider God as the source of existing regularities in the world. For Newton, the source of nature’s regularities was the Creator. For Adam Smith, the source of socio-economic regularities was the same; his ‘invisible hand’ was the Divine Hand. Antony Waterman, Professor of Economics at the University of Manitoba, on the basis of analysis of the text of «Wealth of Nations», came to the conclusion that the words «nature» and «natural laws» play in this text the same role as the words «God» and «Divine Laws» played in traditional theological texts [92, p. 90 - 95]. This substitution allowed Smith to present the social world as analogous to the natural world with its «natural laws». «Wealth of Nations» was the first book on economics to catch the public’s attention and it started the tradition of mainstream economics in justifying the laissez-faire belief, the founding belief of the capitalist institutional system, formulated first by Boisguilbert and Turgot.

The Smithian economics was taught in American universities: «The purpose of higher education in pre-Civil War America was to teach piety and discipline. The vast majority of the faculty were involved in preaching and missionary work <...> The first American economics textbooks were written by clergymen, and a religious understanding of economic activity was pervasive. Capitalism and the laws of political economy were thought to be in harmony with the laws of god and consistent with the higher purpose of moral elevation» [31, p. 64]. In the anticlerical post-revolutionary France Say «was inclined to utilitarian assessment of religion» and wrote on «political usefulness of religions» [28, p. 27, 28]. In Britain John Stuart Mill considered Benthamian Utilitarianism as «a religion; the inculcation and diffusion of which could be made the principal outward purpose of a life» [60, p. 40]. Mill, being agnostic, definitely transferred the legitimacy of political economy from religion to science. He characterised political economy as

essentially an abstract science and its method as an a priori method. According to him «it reasons and must necessarily reason from assumptions, not from facts» [59, p. 56]. For him, the model for an abstract science is geometry: «Geometry presupposes an arbitrary definition of a line, «that which has length but not breadth». Just in the same manner does Political Economy presuppose an arbitrary definition of man» [59, p. 56]. On the basis of this methodology, mainstream economics takes as its starting point the marginalist revolution, which was the basis for the institutionalisation of economics in Great Britain at the end of the 19th century. Marshall, the central figure in this institutionalisation, developed his vision of economics as a «science» very similar in its approach to moral philosophy. This type of economics was welcomed by American businessmen who at that time increasingly replaced clergymen on college and university boards of trustees [16, p. 440]: «University leaders (presidents and boards alike) often favoured [economics and other social sciences] as «secular substitutes for religion» and saw in them a continuation of the old courses in moral philosophy» [31, p. 66]. In this way capitalism, together with the institution of the university began to shape the institution of economics which led the profession of economists to present-day mainstream economics.

The link between scientific research and universities was first created in Germany at the beginning of the 19th century with the reforms of Wilhelm Humboldt, started in 1810 in the newly created University of Berlin. This university became the first so-called research university, i.e. research and educational establishment at the same time. University professors were invited, and even obliged, to do their research inside the universities. Humboldt's concept considered science not as something accomplished that teachers should transfer to students, but as «a problem which has not yet been solved» and the search for its solution should be unceasing. According to him «the university teacher is therefore no longer a teacher and the student no longer someone merely engaged in the learning process but a person who undertakes his own research, while the professor directs his research and supports him in it» [47, vol. XIII, p. 261]. German academic economists of the second half of the 19th century followed natural sciences research tradition with their experimental method. They were affiliated neither with Smithian nor Marxian economics, which were based on Mill's methodology with its a priori method. Both the scope and method of German economics were different from the economics of Smith and Marx. In the scope of their analysis there were not only quantitative variables such as production, consumption, labour, values, prices and capital, but, above all, qualitative entities: institutions; i.e. rules and beliefs. Gustav Schmoller, the leader of German economists at that time wrote: «The present-day economics (Volkswirtschaftslehre) has come to a historical and ethical conception of the state and society, quite different from that which had been formulated by the rationalism and the materialism. It is no longer a mere theory of market and exchange, a kind of political economy of business, which threatened to become a class weapon of the wealthy. It became once again a great political and moral science, which studies production of goods but also their distribution, the phenomena of exchange, but also economic institutions. It puts again the man in the centre of science, rather than goods and capital» [76, p. 202 - 203].

Schmoller and his colleagues based their research on the assumption that «major sources of social regularity were common morals, ethics, and institutions» [35, p. 160].

Thus, to understand socio-economic phenomena it was necessary «to study all those institutions that had emerged over time to constrain and mould individual behaviour into purposive action and social interaction» [35, p. 160]. This kind of study could be nothing more than an analysis of talks and texts of actors. Schmoller believed that economic and social science had the same epistemology as natural science, with the distinction that it should be hermeneutic. The discursive/hermeneutic stance of German economists of the 19th century had come into being under the influence of Wilhelm Dilthey, whose «Introduction to the Human Sciences» was highly rated by Schmoller [76, p. 175 - 183]. German economists did their research collectively: They were organised in a Union for Social Policy (Verein für Sozialpolitik), a research body with the objective of providing scientifically derived information for politicians, the public, legislators and government officials, who would then use this «scientific» information as a basis for policy decisions, and thereby not blinded by the fog of «partisan economics» [35, p. 179]. Founders of this Union shared their general frustration with the mode of reasoning of classical economics «that seemed wholly at odds with the positivist and materialist scientific climate of the time when the natural sciences were celebrating success upon success by working empirically» [35, p. 123]. Thanks to this Union in the community of German economists, good professional practice became identified with empirical research. The Union guided and organised economic research by its agenda-setting standing committees of annual conferences. These conferences were not just meetings of members of the profession sharing with each other results of their research. These conferences were places of debate of commissioned studies: «In advance of conferences, the Union's standing committee held meetings to nominate and vote on the subjects to be discussed at the conferences. Sets of questions were then raised and parameters set for research and fieldwork (or in the case of surveys, detailed questionnaires were drafted and sent out) by a commissioned expert, and increasingly, groups of experts. The results of these investigations and surveys would then be compiled into summary studies which were circulated before conferences <...> Following the conferences, commissioned studies were published in the Union's monograph series» [35, p. 69 - 70]. We can say now that the activities of the Union for Social Policy were in many respects similar to the activities of the Royal Society of London: members of the Union and Society collected data in the framework of experimental situations, working out of detailed reports and collectively evaluated them. The German institution of economics, with this Union as its integral part, was created under the leadership of Schmoller, collaborating very closely with Bismarck government.

In the United States, the institution of economics under the form of Wisconsin Institutionalism was in many respects similar to the German one. The role of Schmoller was played by John R. Commons who saw the sources of socio-economic regularities in law and ethics [18]. He collaborated very closely with the administration of the governor/senator of the state of Wisconsin, Robert La Follette. In Wisconsin, the German model has even been improved: in addition to historical and monographic research, researchers began to use a technique which was later called Action Research. It was done under the auspices of the Wisconsin Industrial Commission, which served as a laboratory for the Commons' group where they did their investigations. Richard Ely, initially teacher and later boss of Commons, is now known almost exclusively as the founder of the American Economic

Association. It is not widely known that Ely and his colleagues, who obtained PhD degrees in economics in Germany, wanted to create an American version of the Schmollerian Union, but they had failed to do so because of the strong resistance they met. Ely transmitted to Commons the Schmollerian method of research which included, as a central element, direct contacts with actors and the Humboldtian method of university teaching; that is the involvement of students in the research process. Ely has witnessed: «He [professor Commons] kept in touch, on one hand, with labour and, on the other, with the management of industry. He mingled with all classes of people. He introduced to his classes people <...>, who were regarded as very dangerous radicals. To him, these people were simply human representatives, whom his students should know face to face. On the other hand, he was just as eager to have his classes know capitalists and leaders of industry. He could admire a labour leader; he could understand the slugger; and he had a great admiration for the big industrial leaders. In order to understand their point of view, he became a member of the Wisconsin Industrial Commission, while on a leave of absence from his university duties» [25, p. 187 - 188]. As Philip Mirowski wrote: «Many of the economic functions of the US government that we take for granted today were the handiwork of Commons and his students in the first half of the twentieth century» [62, p. 1027]. John Commons called interviewing «the prime method of investigation» [17, p. 106]. He made case studies of the past and present. In Wisconsin University Commons offered a course based mainly on the study of reported legal cases, involving a correlation of law, economics and psychology. He wrote: «Academic teaching is merely brains without experience. The «practical» extreme is experience without brains. One is half-baked philosophy – the other is rule-of-thumb» [19, p. 160].

At the end of the 19th century many young American economists received their PhD degrees in German research universities. It was a time when a hostile coexistence between theology-like and research-oriented currents of economic thinking, with its origins in Germany, was yet possible in American universities. The institutionalisation of American economics had just started and punitive sanctions from outside of the profession were necessary to orient it in favour of the owners and managers of capital. As A.W. Coats indicates, «it is easy to understand why the shift of emphasis from teaching of established truths to the advancement of knowledge and the investigation of current problems was liable to generate frictions between the social scientists and certain segments of their audience» [16, p. 439]. He explained these frictions in the following way: «The late nineteenth century was a time of disturbing economic, social, and political tensions, and the fact that the business community was generally getting a bad press when the economists were undertaking more thorough studies of their activities increased the likelihood that even the most objective and impartial enquiries would furnish ammunition for the innumerable critics of contemporary capitalism <...> Laissez-faire and conservative social Darwinism were still the ruling beliefs among members of the social and business elites, whereas many of the younger social scientists were reformers who regarded uninhibited individualism and unfettered competition as the cause of many, if not most, current economic and social evils» [16, p. 439 - 440]. Academic freedom was trampled: «During the wave of academic freedom cases that spanned from the 1890s to the 1910s, many economists came under sharp public attack for promoting views that offended powerful constituencies in matters as varied as the

labour movement, free silver coinage, public utility franchises, or fiscal policy» [31, p. 79]. The profession of academic economists «became increasingly accountable to external control (such as boards of trustees and university administrators, or state legislatures in the case of public universities) <...> The turn-of-the-century political attacks against progressive social scientists set the limits of acceptable behaviour and drove them to confine their scholarship to «safe» intellectual ground» [31, p. 79]. Neoclassical economics especially in its mathematical form in this period «was ideal for serving such ground. That is the reason why it became an «attractive» research strategy by American economists, especially by the younger generations who had to create a position for themselves» [31, p. 79 - 80]. This is a very clear description of the shaping of the institution of economics by the institutions of capitalism and university.

Economists such as Richard Ely and John Commons did not share the laissez-faire belief, they opposed to it a Christian one. One of the factors influencing the institutional evolution of the discipline of economics in the United States was the demise of the Social Gospel movement and the use of the image of science to legitimate conservative opinions [5]. The discourse of the Social Gospel movement concerning religion, social justice and welfare was substituted by the discourse of conservative economists about science, efficiency, and free enterprise. The role of advocates of the Social Gospel movement in economics was important: «Not all American economists in 1920 would have happily identified with the whole range of Ely's and Commons's work <...> but in the glow of the Social Gospel's golden years, historical and institutional approaches were accepted and respected» [5, p. 41]. Acceptance and respect disappeared, or at least decreased, with the switch from the image of science as an experimental activity to a purely theoretical one, in which just the fact of using mathematics already signifies its scientific character: «Whereas institutional economics seemed perfectly «scientific» in 1922, by 1947, it was no longer unquestionably regarded as such» [5, p. 48]. Academic freedom in the case of the discipline of economics is very relative: «During the twentieth century, there have been primarily four patrons of economics: higher education, the government, the business community, and charitable foundations» [34, p 54]. Practically all of them contributed, including by selective financing, to the gradual diminution of the weight of any current of economic thought different from neoclassical and considered as troublemaking [34, p. 78 - 79].

As is well known, after World War Two, Friedrich Hayek contributed to the ascent of laissez-faire by the foundation in 1947 of the Mont Pèlerin Society. He invited scholars, mostly economists, with some historians and philosophers, to meet at Mont Pèlerin, Switzerland, to discuss the state, and possible fate of classical liberalism and how to combat the «state ascendancy and Marxist or Keynesian planning [that was] sweeping the globe». «The international academy Hayek sought was actually designed to create a space where like-minded people who shared philosophical ideas and political ideals could mingle and engage in a process of further education and collective learning dedicated to advancing a common neoliberal cause. The effort of the incipient neoliberal thought collective led to the creation of a comprehensive transnational discourse community» [65, p. 5]. Hayek remained as president of this society until 1961, and in 1974 he was awarded The Sveriges Riksbank Prize in Economic Sciences in Memory of Alfred Nobel, founder of the Nobel Prize. Usually it is called «Nobel Prize in Economics», but in reality it has nothing in common with the testament of Alfred

Nobel according to which «prizes [should be awarded] to those who, during the preceding year, shall have conferred the greatest benefit on mankind». We can even suppose that the most eminent promoters of laissez-faire were awarded with this prize for their activities as presidents of the Mont Pèlerin Society (Friedrich Hayek: president 1947-61, Nobel Prize 1974; Milton Friedman: president 1970-72, Nobel Prize 1976; George Stigler: president 1976-78, Nobel Prize 1982; James M. Buchanan: president 1984-86, Nobel Prize 1986; Gary Becker: president 1990-92, Nobel Prize 1992). I do not think that courses on the history of economic thought should present the teachings of these persons as just pieces of intellectual history as Bruce Caldwell does with an evident admiration for Hayek [12]; «the key to understanding the turns and reversals in his thought lay in his politics, and not as Caldwell has it, in some abstract philosophical doctrines» [64, p. 351].

All this led to the situation characterised recently by Joseph Stiglitz: «Economics has moved – more than economists would like to think – from being a scientific discipline into becoming free market capitalism’s biggest cheerleader. If the United States is going to succeed in reforming its economy, it may have to begin by reforming economics» [84, p. 238].

5. Mathematisation of economics and three beliefs of mathematicians

From the very beginning of its existence, mathematics appeals to the ontology which is called in the Table 1 Newtonian Ontology. With its orientation towards space and time, things and events, and causality, mathematics is not at all suited to any deep research in social sciences. In their recent book George Akerlof and Rachel Kranton acknowledge that quantitative studies oriented to the identification of causality are useful, «but they may only hint at what we really want to know» [1, p. 117]. They suggest that economists undertake an ethnographers’ style of research: «From the many details they record, and the attention they give to the subtexts of what people say, they construct a consistent picture of the people’s behaviour. Indeed, the very best ethnographic studies do not just record what people say; they decode what people say and do» [1, p. 116 - 117]. It is exactly in this way that Boisguilbert started economics by, in one way, imitating the experimental practices of natural sciences, and, in another way, transforming them for the needs of social research. This kind of transformation was impossible in the application of mathematics to economics because of its ontological inadequacy.

Application of mathematics in economics was and continues to be a realisation of Descartes’ error [20] and Descartes’ dream [22]. Descartes was a real personification of the Enlightenment: «Cartesianism destroyed the balance which underlies true science: the balance between thinking and observing, deduction and induction, imagination and common sense, reflection and action, reason and passion, abstract thinking and realism, the world within and the world without the mind. Under the impact of Cartesianism the second element of the equation was sacrificed to the first <...> Descartes’ epistemological reflections opened an era of axiomatic, unhistorical, deductive thinking broadly called the Enlightenment» [61, p. 39]. The Cartesian dualism with its separation of knowing from doing, object from subject, fact from value, theory from practice serves an epistemological foundation for neoclassical economics [11, p. 65]. Systems studied by economic science are never simple and that is why a priori theories do not have any chance to serve as a basis for the understanding of economic phenomena. No

testing of this kind of theories would help: «Cut off from observation as a source of truth, the Cartesian mind puts great emphasis on «testing» to reaffirm its realism. But testing is not a guarantee of correct ideas because, having lost its mooring in reality, the economic mind has created so many conundrums, puzzles and purely mental constructs that testing proves everything and nothing» [61, p. 41].

Nicolas de Condorcet was certainly a Cartesian in its «Social Mathematics» [29], but he was able to understand that mathematical language can be «very far from leading to more precise ideas». He explains, more generally, that «quantity of the universal commodity (i.e., money), or of some particular commodity, can be considered as numbers. The economic sciences are indeed quantitative in this sense. But «the desire to buy and the desire to sell are not susceptible to any calculation, and yet variations in price depend on this moral quantity, which itself depends on opinions and on passions» [68, p. 175 - 176]. Condorcet shared the economic views of Turgot [68, p. 84] but did not create a mathematical version of his economic theory. It is Augustin Cournot who is considered as the first mathematizer of economics. The question arises why the mainstream mathematical economics did not follow Cournot but Walras and Jevons? We can conclude from the third section of this article that the answer is very simple: because Cournot in his writings was not advocate of laissez-faire [78]. Economics as a moral philosophy legitimising capitalism and rationalising its negative consequences needed strong justifications to be considered as a «science». The best way to do it was its mathematisation. William Stanley Jevons and Léon Walras made this work. As I already told in the Introduction, their marginalism was nothing more than a continuation of economics as a moral philosophy (in spite of its mathematical clothes) with its vision of social life as a network of exchanges and its invisible hand of their regulation. The general equilibrium theory of Walras with its independent egoistically oriented individuals making exchanges on the basis of equilibrium prices could be easily interpreted as a continuation of theoretical constructions of the political economy of the 19th century at the service of capitalism (see Section 3 of this article).

The British universities channelled the institutionalisation of economics towards its mathematization because «mathematics [considered as a heritage of Antiquity] throughout the nineteenth century reigned at Cambridge as a fundamental component of the prestigious tripos examination system» [31, p. 149]. In this intellectual atmosphere, it is the connection of a discipline with the mathematical method, and not with the experimental one, which was the decisive sign of the truly «scientific» character of the discipline. In order «to merit» this indication, British economists were oriented towards «the progressive elimination of most inductive and historical elements from the core of political economy, and concomitant ascendancy of the deductive method» [31, p. 149]. Alfred Marshall stood at the origins of the modern institution of economics. This institution has been founded by usage of Jevons' and Walras' ideas. In spite of the fact that in his «Principles of Economics» Marshall put all mathematical formula in the appendix we can without any doubt say that his economic reasoning was mathematical. This direction of the institutionalisation of economics was very closely connected with the first founding belief of the community of mathematicians expressed by Galileo: «Philosophy is written in that great book which ever is before our eyes – I mean the universe – but we cannot understand it if we do not first learn the language and grasp the symbols in which it is written. The book is written in mathematical language, and the

symbols are triangles, circles and other geometrical figures, without whose help it is impossible to comprehend a single word of it; without which one wanders in vain through a dark labyrinth» (quoted in [10, p. 75]). This belief takes the following form in mainstream economics: «Samuelson's signature method of economic theory, illustrated in his «Foundations» (1947), seems to follow two rules which can also be said to characterize much of Neoclassical economics since then: With every economic problem, (1) reduce the number of variables and keep only a minimum set of simple economic relations; and (2) if possible, rewrite it as a constrained optimization problem» [73, p. 144]. By modelling economic agents in this way, he hoped to be able to predict their behaviour in much the same way that physicists predicted the behaviour of physical objects» [85, p. 21].

As was brilliantly shown by Philip Mirowski, neoclassical economics has its mathematical origins in thermodynamics: «The supposed mystery of the «simultaneous discovery» of neoclassical economics in the 1870s and 1880s is dispelled when it is realized that energy physics has filtered down to some textbooks by the 1860s, and is rapidly becoming the primary metaphor for the discussion of the physical world» [63, p. 217]. The formulation of neoclassical theory in the 1870s was just a «metaphorical appropriation of the analytical structure of mid-nineteenth century physics. «Neoclassical economics is thus seen not as a «discovery», but as an arbitrary imposition onto social reality of a paradigm taken from an alien field of knowledge» [13, p. 741]. Paul Samuelson continued this metaphorical practice. His working method was the same: to reproduce the application of mathematical methods in physics to economics. Samuelson was not a physicist but he «had an acquaintanceship with scores of leading world mathematicians and physicists» and received «essential hints» for his work from a thermodynamicist [73, p. 155].

What attracted those who mastered and loved mathematics to economics? I suppose it was, and continues to be, the ease with which they can be more highly valued in the profession of economics than in the profession of mathematics. Because of the tradition, coming from the University of Cambridge, of considering the application of mathematics as a summit of «scientificity», it was very attractive to enter the scientific community via economics with more chance of succeeding and with far less effort than would have been required in mathematics or physics. Once Samuelson said: «I became an economist quite by chance, primarily because the analysis was so interesting and easy» [85, p. 33]. It was as easy «as fishing in a virgin Canadian lake. You threw in your hook and out came theorem after theorem» [73, p. 154]. In my opinion, it was the comparative easiness of Samuelson's version of working on papers for professional journals and teaching their type of economics which was one of the important causes of the final victory of their line of economic thought over interpretive/historical/discursive institutionalism in economics. The interpretive/historical/discursive institutionalist version of teaching economics, by the involvement of students in research concerning burning socio-economic-political problems, requires much more effort by professors than just repeating, with no very great changes, quite simple mathematical constructions and supervising solutions by students of numerical examples illustrating these constructions. Those university graduates with a good mathematical background who are looking for a job valorising their mathematical skills could be very much attracted by the profession of academic economists in its neoclassical version.

After World War Two a very close interaction between the community of economists and that of mathematicians [94] resulted in the adoption by economists of two other founding beliefs shared by mathematicians. Their second founding belief is the aesthetic character of mathematics [80]. It is a very important element of the mathematical culture [45, p. 46 - 47]: «Everyone agrees that mathematics can, should, or even must, be beautiful. But it is not so easy to explain just what you mean by beautiful mathematics. What patterns, proofs and discoveries do mathematicians call beautiful?» [45, p. 47]. Hereby is an authoritative witness: «Mathematics, rightly viewed, possesses not only truth, but supreme beauty — a beauty cold and austere, like that of sculpture, without appeal to any part of our weaker nature, without the gorgeous trappings of painting or music, yet sublimely pure, and capable of a stern perfection such as only the greatest art can show. The true spirit of delight, the exaltation, the sense of being more than Man, which is the touchstone of the highest excellence, is to be found in mathematics as surely as poetry» [70, p. 60]. The consequences of this belief of mathematicians transferred to the community of economists were disastrous. Paul Krugman expressed it in the following way: «As I see it, the economics profession went astray because economists, as a group, mistook beauty, clad in impressive-looking mathematics, for truth» («The New York Times», 2 September 2009).

The third founding belief of the majority of the mathematicians coming from David Hilbert, and reinforced by Nicolas Bourbaki, is the opinion that mathematicians must not care about the links of mathematical constructions with reality they have to deal exclusively with the internal logic of mathematical structures themselves [57]. Philip Davis and Reuben Hersh, on the basis of their interviews with mathematicians and participant observation inside their community, produced a generalised image of the Ideal Mathematician. The authors conventionally called the topic of this imaginary mathematician «the theory of non-Riemannian hypersquares». This problem has acquired great prestige just because «the best non-Riemannian hypersquarers have worked on the problem, obtaining many partial results». Our Ideal Mathematician is not very much interested in application of his work outside of mathematics: «I've been told that some attempts have been made to use non-Riemannian hypersquares as models for elementary particles in nuclear physics. I don't know if any progress was made». He is not concerned about the connection of what he is doing with reality: «I never thought hypersquares existed. When I say they do, all I mean is that the axioms for a hypersquare possess a model. In other words, no formal contradiction can be deduced from them, and so, in the normal mathematical fashion, we are free to postulate their existence. The whole thing doesn't really mean anything, it's just a game, like chess, that we play with axioms and rules of inference». Today mathematics as a discipline is totally self-referential: «How could we as mathematicians prove to a sceptical outsider that our theorems have meaning in the world outside our own fraternity? If such a person accepts our discipline, and goes through two or three years of graduate study in mathematics, he absorbs our way of thinking, and is no longer the critical outsider he once was. In the same way, a critic of Scientology who underwent several years of «study» under «recognized authorities» in Scientology might well emerge a believer instead of a critic» [21, p. 34 - 44].

This kind of mathematics has emerged under the influence of a group of French mathematicians who published their books under the pseudonym Nicolas Bourbaki.

They tried to present the whole of mathematics on the basis of axiomatic method which they understood in the following way: «The axiomatic method is, strictly speaking, nothing but this art of drawing up texts whose formalization is straightforward in principle. As such it is not a new invention; but its systematic use as an instrument of discovery is one of the original features of contemporary mathematics. As far as reading or writing a formalized text is concerned, it matters little whether this or that meaning is attached to the words, or signs in the text, or indeed whether any meaning at all is attached to them; the only important point is the correct observance of the rules of syntax» [9, p. 8]. E. Roy Weintraub and Philip Mirowski have brilliantly shown «how the Bourbakist school of mathematics rapidly migrated into neoclassical mathematical economics. Crossing this disciplinary boundary established, for economists, the imposing edifice of Walrasian general equilibrium theory, the landmark of high theory in economics for the next four decades» [93, p. 246]. It was Gerard Debreu, trained in France by a member of Bourbaki group, who was «transoceanic gemmule» of Bourbakist-inspired applied mathematics that «took root and flourished in the postwar American environment» [93, p. 248]. The «seedbed» for this kind of economics was the Cowles Commission, many collaborators of which have come to it from physics [93, p. 249]. Bourbaki's purity of axiomatic approach and their isolation from other disciplines «has drawn the wrath of many natural scientists»; «for many scientists, Bourbaki became the watchword for the chasm that had opened up between mathematics and its applications, between «rigor» and its alternative homeostat, the dictates of the concrete problem situation» [93, p. 248]. According to Weintraub and Mirowski, «Debreu intended his Theory of Value to serve as the direct analogue of Bourbaki's Theory of Sets», «in Debreu's interpretation, general equilibrium theory thus loses its status as a «model» to become a self-sufficient «formal structure». The objective was no longer to represent the economy, whatever that might mean, but rather to codify the very essence of that elusive entity, the Walrasian system» [93, p. 265]. The Nobel Prize in Economics Committee announced in its press release that Gerard Debreu has proven that «the market works automatically» and after 1983 «it was for this reason that he insisted on the strict separation of mathematical form and economic content, excusing himself with a voice of guilt: «Sorry, I did not mean that» [24, p. 30].

The consequence of the third belief of mathematicians transferred to economists is a «fairy tale» nature of mainstream economics: «I believe that as an economic theorist, I have very little to say about the real world and that there are very few models in economic theory that can be used to provide serious advice» [69, p. 881]. Can you imagine that, for example, Werner Heisenberg could say something similar? However the author of this declaration is not a marginalised member of the community of academic economists, but its very honourable member: the text is part of his Presidential Address to the Econometric Society made in 2004. In this paper-confession, he continues: «As economic theorists, we organize our thoughts using what we call models. The word «model» sounds more scientific than «fable» or «fairy tale» although I do not see much difference between them» [69, p. 881]; «What are we trying to accomplish as economic theorists? We essentially play with toys called models. We have the luxury of remaining children over the course of our entire professional lives and we are even well paid for it. We get to call ourselves economists and the public naively thinks that we are improving the economy's performance, increasing the rate of growth, or preventing economic

catastrophes. Of course, we can justify this image by repeating some of the same fancy sounding slogans we use in our grant proposals, but do we ourselves believe in those slogans?» [69, p. 865].

One of the greatest mathematicians of the 20th century Vladimir Arnold opposed Bourbakism and criticised the trend of high levels of abstraction in mathematics. According to him it had a negative impact on French, and then later other countries' mathematical education. He spoke about the danger of fetishising theorems in modern mathematical textbooks: «I even got the impression that scholastic mathematicians (who have little knowledge of physics) believe in the principal difference of the axiomatic mathematics from modelling which is common in natural science and which always requires the subsequent control of deductions by an experiment» [2, p. 232]. One of the Arnold's papers entitled «Mathematical Epidemics of the 20th century» begins with the sentence: «Modern formalized education in mathematics is dangerous for all mankind» [2a]. Bourbakism has strongly influenced mainstream economics which, as the crisis which started in 2007 demonstrated, is certainly also dangerous for all mankind.

Conclusion

The author of this article practiced an institutional approach in economic research [95] and also in order to understand the functioning of the economic profession [96]. In both cases it was an approach that is called by political scientists historical/interpretive/discursive institutionalism, or more generally constructivist institutionalism. This approach requires direct contacts with members of communities under study: in the first case they were Russian agrarians and in the second case – European, American and Russian economists. These direct contacts were made through participant observations and interviews. Boisguilbert was the first constructivist institutionalist, followed by Schmoller and Commons.

Schmoller's Verein für Sozialpolitik included many members who were not academics but administrators. German economists worked in very close contact with practical men. On the contrary, the British community of academic economists followed the tradition of distancing from the latter. Ricardians already had as the source of their influence «their claim for scientific authority which they strenuously asserted in books, pamphlets, magazines, newspapers, official enquiries and parliamentary debates» [16, p. 402]. In their aspiration to look like «scientists» «the most distinctive feature was their effort to distance themselves, as experts, from the amateurs, especially despised «practical» men» [16, p. 402]. James Mill, father of J.S. Mill, has formulated it in the following way: «a reasoner must be hard pressed when he is driven to quote practical men in aid of his conclusions. There cannot be a worse authority, in any branch of political science, than that of mere practical men» [16, p. 402]. British political economists of the 19th century tried to simulate the behaviour of natural scientists in a very superficial way by distancing themselves from «non-scientists», but ignoring the most important feature of their behaviour: experimental contact with the object under study. They did not realise that «practical men» for many types of information are the only sources available. Practical men are elements of the objects of study and not being in contact with them for those who work as scientists in socio-politico-economic domains means to work with «switched off recording devices». In the

domain of natural sciences it would mean the end of the profession of scientific researcher.

To my mind the attractiveness of the German school of thought comes from the fact that it produced such a rich set of ideas concerning the social world that they continue to reappear later. One of its central ideas has been incorporated into the Social Constructivism: «Institutions always have a history, of which they are the products. It is impossible to understand an institution adequately without an understanding of the historical process in which it was produced» [6, p. 72]. That is why in both my studies direct contacts with members of communities under study were supplemented by historical analysis. Historical/interpretive/discursive institutionalism overlapping with social constructivism represents either a social sciences' approach or some kind of social sciences' frame theory. It is this approach that I am using in this paper for the analysis of economics. Two central questions which I try to answer in this paper are why German economics has disappeared and English economics expanded on a tremendous scale. The key to understanding it gives the social constructivist connections between institutionalisation and social control: «Institutions, by the very fact of their existence, control human conduct by setting up predefined patterns of conduct, which channel it in one direction as against the many other directions that would theoretically be possible. It is important to stress that this controlling character is inherent in institutionalisation as such, prior to or apart from any mechanisms of sanctions specifically set up to support an institution» [6, p. 72]. Constructivist institutionalism underlines the connection between institutions and ideas/beliefs. No institution can exist without the idea/belief connected with it. It was almost always the belief which was linked with the birth and evolution of the institution. I call these beliefs founding beliefs. We have seen that institutionalisation of economics in Germany in the second half of the 19th century has been very closely linked with the idea shared by natural scientists that scientific knowledge is an experimentally based knowledge. Social control in the community of natural scientists is finally a control of the veracity of reports concerning conclusions based on data gathering and experiments. The belief which was linked with the birth of the institution of British economics was absolutely different. It is the idea expressed by John Stuart Mill that economics cannot use experimental methods and should use the a priori method. I think now it is time to reconsider Methodenstreit.

Bruno Latour, quoted in the first section of this article, was not the only one to investigate the activities of researchers in natural sciences. The world of high energy physics was studied by Sharon Traweek (1988). A comparative investigation of the activities of researchers in the domains of high energy physics and molecular biology has been made by Karin Knorr Cetina (1991, 1999). The latter comes to the same conclusions as Latour concerning «the resistance»: «Molecular geneticists do interact with «the world» – as it is featured in the laboratory of course, but this featuring does not preclude but rather enhances resistance. They constitute part of a behavioral system in which «things» are not passive receivers but active reactants» [49, p. 119 - 120]. At present most economists consider economics as theory or theories. To do economics mean for them to develop or to apply theories. According to Knorr Cetina «much of laboratory science in molecular genetics neither directly draws upon, nor it seems terribly involved with establishing, theoretical representations. In molecular

genetics, theoretical statements may indeed be post hoc «representations» of materials» [49, p. 120]. Apparently neither Latour nor Knorr Cetina would agree with Milton Friedman's famous statement: «A theory is the way we perceive «facts», and we cannot perceive «facts» without a theory» [32, p. 34]. Some sincere mainstream economists do not agree with Friedman either: «By regularities I mean phenomena that appear repeatedly in similar environments at different points in time and at different locations. I have the impression that as economic theorists, we hope that regularities will miraculously emerge from the formulas we write leisurely at our desks. Applied economists often feel the need for a model before they mine data for a pattern or regularity. Do we really need economic theory to find these regularities? Would it not be better to go in the opposite direction by observing the real world, whether through empirical or experimental data, to find unexpected regularities? Personally I doubt that we need pre conceived theories to find regularities» [69, p. 873]. Finally what we learn from Knorr Cetina's investigation is the challenge towards the accepted view of a unified science even in the framework of natural sciences. Research procedures can sharply differ in different disciplines, but if they represent interaction with the 'resisting' entities under study, they certainly can be classified as scientific research.

The community of researchers of the Royal Society did not earn their living by their investigating activity. All of them had independent sources of existence which had no connection with their research work. A century later, Johann Fichte, who followed Humboldt, founder of the institution of the research university after, saw the motivation of the researcher in following way: «To me, [to the Scholar], is entrusted the culture of my own and following ages; from my labours will proceed the course of future generations, the history of nations who are yet to be. To this am I called, to bear witness to the Truth: my life, my fortunes are of little moment; the results of my life are of infinite moment. I am a Priest of Truth; I am in her pay; I have bound myself to do all things, to venture all things, to suffer all things for her» [30, p. 59 - 60]. He thought that «the true vocation of the scholar is the most widely extended survey of the actual advancement of the human race in general, and the steadfast promotion of that advancement» [30, p. 54]. The institutionalisation of German economics happened in the Humboldtian university and its architect, Gustav Schmoller, followed the ideas of Fichte. In this way Schmollerian Verein had been conceived in a similar way to the Royal Society. The foundation of the Verein took place quite quickly after German unification. A united Germany needed national unity and the political crisis of early capitalism created danger for this unity. This danger came from the existence of the «social question».

Both Schmoller's and Marshall's economics were responses to the existence of the social question; in England it was even sharper than in Germany, but the responses were different. The former was oriented to helping the state to solve this problem by improving the conditions of the working class by introducing new social legislation, and in this way, to prevent social unrest. The latter was oriented towards creating scientific-looking ideological constructions legitimising the existing social order and conditions, and in this way achieving the same goal, preventing social unrest. Once established the institution of Marshallian economics more easily attracts the support of those who consider the discipline of economics a craft rather than a vocation. The work of Schmollerian economists as researchers

and teachers is much more difficult than that of Marshallian economists. Frequent surveys/fieldwork and constant adaptation of courses to changing realities are much more time and labour consuming than the desk work of «a priori theorists». Very quickly the community of economists-craftsmen can become an inaccessible fortress for those who would like to practice economics as a vocation with primarily socially-oriented aspirations. The problem with Schmollerian economics in comparison with Marshallian economics is not only social but also economic and political. Surveys and fieldwork require strong financial and political support from governments (local and/or central). The political support of Schmollerian scholars is necessary because their research activity can uncover inconvenient details about the functioning of private enterprises. Resistance to Schmollerian economists can occur in the organisation of surveys and field studies, in financing or in the domain of the recruitment and promotion of teachers/researchers controlled by university boards with businessmen as its members.

After World War II, two organisations sponsored by businessmen, Cowles Foundation and Mont Pelerin Society, extended the influence of mainstream economics in universities and societies. The prestige of this economics has been supported by the creation of the so-called Nobel Prize in Economics. This influence determined the course of the American (Reagan's) and the British (Thatcher's) governments, and later produced massive deregulations throughout the world. This moral philosophy with the vision of social life as a network of exchanges of commodities and services between egoistically-oriented homo oeconomicus moved by the desire of unlimited consumption, which is propagated by mainstream economics, conquered the world. This conquest is one of the factors of the extraordinary stability of the institution of economics dominated by the mainstream. A reform of the discipline of economics should take the form of a return, on modern foundations, to the traditions of the Historico-Ethical school of Gustav Schmoller [51; 67] and of the Wisconsin institutionalism of John Commons [71; 15].

REFERENCES

1. Akerlof G.A. and Kranton R.E. (2010) *Identity Economics: How Our Identities Shape Our Work, Wages, and Well-Being*. Princeton and Oxford: Princeton University Press.
2. Arnold, V. I. (1998) On the teaching of mathematics. *Russian Mathematical Surveys*, 53(1): 229—236.
- 2a. Arnold, V. I. (2000) “Mathematical Epidemics of the 20th century”. URL: http://www.mccme.ru/edu/index.php?ikey=viarn_mat_epidem.
3. Aspromourgos T. (1996) *On the Origins of Classical Economics: Distribution and Value from William Petty to Adam Smith*. London and New York: Routledge.
4. Barber W.J. (Ed.) (1993) *Economics & Higher Learning in the Nineteenth Century*. New Brunswick, New Jersey : Transaction Publishers.
5. Bateman B.W. (1998) *Clearing the Ground: The Demise of the Social Gospel Movement and the Rise of Neoclassicism in American Economics*. In (Morgan and Rutherford 1998): 29 –52.
6. Berger P. and T. Luckmann (1991). *The Social Construction of Reality*. London: Penguin Books.
7. Boisguilbert P. (1966a) *Le Détail de la France. La cause de la diminution de ses biens, et la facilité du remède, en fournissant en un mois tout l'argent dont le Roi a besoin, et enrichissant tout le monde*. In Pierre de Boisguilbert ou la naissance de l'économie politique, volume 2. Paris: INED : 581 - 662.

8. Boisguilbert P. (1966b) *Factum de la France, contre les demandeurs en délai pour l'exécution du projet traité dans le "Détail de la France", ou le Nouvel ambassadeur arrivé du pays du peuple*. In Pierre de Boisguilbert ou la naissance de l'économie politique, volume 2. Paris: INED : 741 - 798.
9. Bourbaki N. (1968) *Elements of Mathematics. Theory of Sets*. Reading, Massachusetts : Addison-Wesley Publishing Company.
10. Burt E.A. (1954) *The Metaphysical Foundations of Modern Science*. NY : Dover Publications.
11. Bush P.D. (1993) *The Methodology of Institutional Economics: A Pragmatic Instrumentalist Perspective*. In (Tool 1993): 59 – 118.
12. Caldwell B. (2004) *Hayek's Challenge: An Intellectual Biography of F.A. Hayek*. Chicago: University of Chicago Press.
13. Carlson M.J. (1997) *Mirowski's Thesis and the "Integrability Problem" in Neoclassical Economics*, *Journal of Economic Issues*. 31(3): 741 – 760.
14. Charle Ch. et J. Verger. (2007) *Histoire des universités*. Paris: PUF. 2007.
15. Chavance B. (2012). *John Commons's organizational theory of institutions: a discussion*. *Journal of Institutional Economics*, (8)1: 27–47.
16. Coats A.W. (1993) *The Sociology and Professionalization of Economics. British and American economic essays. Volume 2*. London and New York: Routledge.
17. Commons J.R. (1934a) *Institutional Economics. Its Place in Political Economy*, reprinted New Brunswick: Transaction Publishers.
18. Commons J.R. (1934b) *The problem of correlating law, economics and ethics*. In *Recueil d'études sur les sources du droit en l'honneur de François Gény, Tome III*, Paris : Recueil Sirey : 124-144.
19. Commons J.R. (1934c) *Myself. The Autobiography of John R. Commons*, reprinted Madison: The University of Wisconsin Press.
20. Damasio A. (2005) *Descartes' Error: Emotion, Reason, and the Human Brain*. NY : Penguin Books.
21. Davis Ph. J. and Hersh R. (1981) *The Mathematical Experience*. Boston: Birkhauser.
22. Davis Ph. J. and Hersh R. (1990) *Descartes' Dream: The World According to Mathematics*. London : Penguin Books.
23. Dumez H. (1985) *L'économiste, la science et le pouvoir : le cas Walras*. Paris : PUF.
24. Düppe T. (2010) *Debreu's apologies for mathematical economics after 1983*. *Erasmus Journal for Philosophy and Economics*, 3(1) : 1 – 32.
25. Ely R.T. (1938) *Ground under our Feet*. New York: Macmillan.
26. Faccarello G. (1999) *The foundations of laissez-faire: the economics of Pierre de Boisguilbert*. London and New York: Routledge.
27. Faccarello and Steiner (2002) *The Diffusion of the Work of Adam Smith in the French Language: An Outline History*. In Keith Tribe (Ed.) *A Critical Bibliography of Adam Smith*. London: Pickering and Chatto, 2002.
28. Faccarello and Steiner (2008) *Religion and political economy in early 19th century France*. *History of Political Economy*, 40 (annual supplement) : 26-61.
29. Feldman J. (2005) *Condorcet et la mathématique sociale. Enthousiasmes et bémols*. *Mathematics and Social Sciences*. 43(4) : 7 - 41.
30. Fichte J.G. (1847) *The Vocation of the Scholar*. London: John Chapman.
31. Fourcade M. (2009) *Economists and Societies. Discipline and Profession in the United States, Britain, and France, 1890s to 1990s*. Princeton and Oxford: Princeton University Press.
32. Friedman M. (1953) *Methodology of Positive Economics*. In Milton Friedman, *Essays in Positive Economics*, Chicago: The University of Chicago Press: 3 - 43.
33. Furner M. O. (1975) *Advocacy & Objectivity: A Crisis in the Professionalization of American Social Science 1865-1905*. Lexington, Kentucky: University Press of Kentucky.
34. Goodwin C.D. (1998) *The Patrons of Economics in a Time of Transformation*. In (Morgan and Rutherford 1998): 53 – 81.

35. Grimmer-Solem E. (2003) *The Rise of Historical Economics and Social Reform in Germany 1864 – 1894*. Oxford : Clarendon Press.
36. Hall P. A., Taylor R. C. R. (1996) *Political Science and the Three Institutionalisms*. *Political Studies*. 5: 936–957.
37. Hamilton W.H. (1919) *The Institutional Approach to Economic Theory*. *The American Economic Review*. 9(1), Supplement, *Papers and Proceedings of the Thirty-First Annual Meeting of the American Economic Association*: 309-318.
38. Harré R. (1994) *Obituary: Professor Sir Karl Popper*. *The Independent*. 19 September.
39. Harré R. (2002) *Rom Harré on Social Structure and Social Change: Social Reality and the Myth of Social Structure*. *European Journal of Social Theory*, 5(1): 111-123.
40. Harré R., Gillett G. (1994) *The Discursive Mind*. Thousand Oaks, London, New Dehli: Sage Publications.
41. Hay C. (2006) *Constructivist Institutionalism*. In: Rhodes R. A. W., Binder S. A., Rockman B. A. (eds). *The Oxford Handbook of Political Institutions*. New York: Oxford University Press: 56–74.
42. Hecht J. (1966) *La vie de Pierre le Pesantn Seigneur de Boisgubert*. In *Pierre de Boisguilbert ou la naissance de l'économie politique*, volume 1. Paris: INED : 121 - 244.
43. Heilbroner R. (1988) *Behind the Veil of Economics: Essays in the Worldly Philosophy*. New York, London: W. W. Norton & Co.
44. Heilbroner R. (1999) *The Worldly Philosophers*. New York: Tuschstone.
45. Hersh R. and John-Steiner V. (2011) *Loving and Hating Mathematics: Challenging the Myths of Mathematical Life*. Princeton and Oxford: Princeton University Press.
46. Hodgson, G.M., W.J. Samuels and M. R. Tool (Eds.) (1994) *The Elgar Companion to Institutional and Evolutionary Economics*, in two volumes. Aldershot: Edward Elgar.
47. Humboldt, W. (1903 – 36) *Gesammelte Schriften: Ausgabe Der Preussischen Akademie Der Wissenschaften*. Bd. I—XVII, Berlin.
48. Keynes J.M. (1951) *Essays in Biography*. NY: W.W. Norton & Company Inc.
49. Knorr Cetina K. (1991). *Epistemic Cultures: Forms of Reason in Science*. *History of Political Economy*. 23(1): 105 – 122.
50. Knorr Cetina K. (1999). *Epistemic Cultures. How the Sciences Make Knowledge*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
51. Koslowski P. (2002) *The Theory of Ethical Economy as a Cultural, Ethical, and Historical Economics: Economic Ethics and the Historist Challenge*. In *Contemporary Economic Ethics and Business Ethics*. Berlin and Heidelberg: Springer-Verlag : 3 – 15.
52. Latour B. (1993) *We Have Never Been Modern*. Translated by Catherine Porter. Cambridge, Mass: Harvard University Press.
53. Latour B. (2000) *When things strike back: a possible contribution of 'science studies' to the social sciences*. *British Journal of Sociology*, 51(1):107-123.
54. Latour B. (2005) *Reassembling the Social An Introduction to Actor-Network-Theory*. NY : Oxford University Press Inc.
55. Latour B. and S. Woolgar (1979) *Laboratory Life. The Social Construction of Scientific Facts*. Losangeles, London: Sage.
56. Latour, B. (1988) *The Pasteurization of France*. Cambridge Mass.: Harvard University Press.
57. Leonard R. (1997) *Value, sign, and social structure: the 'game' metaphor and modern social science*. *The European Journal of the History of Economic Thought*, 4(2): 299-326.
58. McCormick T. (2009) *William Petty And the Ambitions of Political Arithmetic*. NY: Oxford University Press.
59. Mill J.S. (1994) *On the definition and method of political economy*. In Hausman D.M. (Ed.) (1994) *The Philosophy of Economics*. Cambridge: Cambridge University Press.
60. Mill J.S. (2008) *Autobiography of John Stuart Mill*. Rockville, Maryland: Arc Manor.
61. Mini P. (1994) *Cartesianism in Economics*. In (Hodgson, Samuels and Tool 1994): 38 – 42.

62. Mirowski Ph. (1987) The Philosophical Bases of Institutional Economics. *Journal of Economic Issues*, 21(3): 1001 – 1038.
63. Mirowski Ph. (1989) *More Heat than Light. Economics as Social Physics: Physics as Nature's Economics*. Cambridge: Cambridge University Press.
64. Mirowski Ph. (2007) Naturalizing the market on the road to revisionism: Bruce Caldwell's Hayek's challenge and the challenge of Hayek interpretation. *Journal of Institutional Economics*, 3(3): 351 – 372.
65. Mirowski Ph., Plehwe D. (Eds) (2009) *The Road from Mont Pèlerin. The Making of the Neoliberal Thought Collective*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
66. Morgan M.S. and M. Rutherford (Eds.) (1998). *From Interwar Pluralism to Postwar Neoclassicism*. Durham and London: Duke University Press.
67. Nau H.H. (2000). Gustav Schmoller's Historico-Ethical Political Economy: ethics, politics and economics in the younger German Historical School, 1860–1917. *European Journal of the History of Economic Thought* 7:4 507–531.
68. Rothschild E. (2001) *Economic Sentiments. Adam Smith, Condorcet, and the Enlightenment*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
69. Rubinstein A. (2006) Dilemmas of an Economic Theorist. *Econometrica*, 74(4): 865–883.
70. Russell B. (2011) *Mysticism and Logic: And Other Essays*. London: Longman.
71. Rutherford M. (2006). Wisconsin Institutionalism: John R. Commons and his Students. *Labor History*, (47) 2: 161–188.
72. Sage E.M. (2009) *A Dubious Science. Political Economy and the Social Question in 19th-Century France*. NY: Peter Lang Publishing, Inc.
73. Samuelson P.A. and W.A. Barnett (2007) *Inside the Economist's Mind. Conversations with Eminent Economists*. Oxford: Blackwell.
74. Schmidt V. A. (2008) Discursive Institutionalism: The Explanatory Power of Ideas and Discourse. *Annual Review of Political Science*. 11: 302–326.
75. Schmidt V. A. (2010) Taking ideas and discourse seriously: explaining change through discursive institutionalism as the fourth 'new institutionalism'. *European Political Science Review*, 2(1) : 1–25.
76. Schmoller G. (1998) *Historisch-ethnische Nationalökonomie als Kulturwissenschaft*. Marburg: Metropolis-Verlag.
77. Shapin S., Schaffer S. (1985) *Leviathan and the Air-Pump. Hobbes, Boyle, and the Experimental Life*. Princeton, New Jersey: Princeton (University Press).
78. Sigot N. (2005) La réception de l'oeuvre économique de Cournot. In Th. Martin (Ed.) *Actualité de Cournot*. Paris : Vrin: 125-149.
79. Sigot N. (2010) Utility and Justice: French Liberal Economists in the 19th century. *European Journal of the History of Economic Thought*. 17 (4): 759-792.
80. Sinclair N., Pimm D., Higginson W. (2006) *Mathematics And the Aesthetic: New Approaches to an Ancient Affinity*. NY : Springer-Verlag.
81. Skocpol T. (1979) *States & Social revolutions. A Comparative Analysis of France, Russia, & China*. New York: Cambridge University Press. 1979.
82. Skocpol T. (1999) Why I am a Historical Social Scientist. *Extensions: Journal of the Carl Albert Congressional Research and Studies Center*. Fall: 16–19.
83. Steimo S., Thelen K. and F. Longstreth (Eds.) (1992) *Structuring Politics. Historical Institutionalism in Comparative Analysis*. Cambridge: Cambridge University Press.
84. Stiglitz J. (2010) *Free Fall*. NY: W.W. Norton & Company.
85. Szenberg M. , Gottesman A. and L. Rarattan (2005) *Paul Samuelson. On being an Economist*. New York: Jorge Pinto Books, Inc.
86. Tool M. R. (Ed.) (1993) *Institutional Economics: Theory, Method, Policy*, Boston, Dordrecht, London: Kluwer Academic Publishers.
87. Traweek Sh. (1988). *Beamtimes and Lifetimes. The World of High Energy Physicists*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.

88. Tribe K. (2002) Historical Schools of Economics: German and English. .Keele Economics Research Paper No 2, Keele University.
89. Turgot A.R.J. (2011) The Turgot Collection. Writings, Speeches, and Letters of Anne Robert Jacques Turgot, Baron de Laune. Edited by David Gordon. Auburn, Alabama : Ludwig von Mises Institute.
90. Ullmer J.H. (2011) The scientific method of Sir William Petty. Erasmus Journal for Philosophy and Economics,4(2) : 1 – 19.
91. Van Langenhove L. (Ed.). (2010) People and Society. Rom Harré and designing the social sciences. London and New York: Routledge.
92. Waterman A. M. C. (2004) Political Economy and Christian Theology since the Enlightenment. Essays in Intellectual History. New York: Palgrave Macmillan.
93. Weintraub E. R. and P. Mirowski (1994) The Pure and the Applied: Bourbakism Comes to Mathematical Economics. Science in Context, 7(2): 245–72.
94. Weintraub E. R. (2002) How Economics Became a Mathematical Science. Durham; London: Duke University Press.
95. Yefimov V. (2003) Economie institutionnelle des transformations agraires en Russie. Paris: l'Harmattan.
96. Yefimov V. (2010) Vers une autre science économique (et donc une autre institution de cette science). Revue du MAUSS permanente, 10 mai 2010 (on line - en ligne). URL:<http://www.journaldumauss.net/spip.php?article686>

Стаття надійшла до редакції 11.02.2016

УДК 336.711.(477)

Г.П. БОРТНІКОВ, О.О. ЛЮБІЧ

МОДЕЛІ СТРЕС-ТЕСТУВАННЯ ДЛЯ ОЦІНКИ РИЗИКІВ БАНКІВ

***Анотація.** Моделі стрес-тестів слід поділяти за видами ризиків, комплексністю та іншими критеріями. Стрес-тести мають бути комплексними і більш регулярними, особливо для великих банків, та включати додатково ризики репутації, операційний ризик; результати стрес-тестування великих банків мають оприлюднюватися регулятором. Даний інструмент має використовуватися для оцінки потреби банку у додатковому капіталі як буфері, зменшення експозицій під ризиком і застосування способів пом'якшення впливу негативних наслідків ризиків.*

***Ключові слова:** фінансова стабільність, стрес-тестування, банківська система, кредитний ризик, фінансові ризики, банківський нагляд.*

Вступ

Використання стрес-тестів для оцінки фінансової стабільності на рівні банківського сектору та банків окремо набуло популярності на початку 2000-х років, але перші моделі були розроблені у 1990-х роках за аналогом чутливості до зміни певних чинників. Згодом набув популярності сценарний підхід, з використанням гіпотетичних або історичних сценаріїв шоків. Банківський нагляд практично в усіх країнах світу широко використовує набір методик стрес-тестування. Глобальна фінансова криза виявила суттєві недоліки в моделюванні шоків, зокрема, не були враховані одночасність потрясінь, швидке розповсюдження кризи між країнами, тривалість та глибина стресів, наслідки кризи. Сам об'єкт моделювання (банківський сектор) є дуже динамічним, виявляє свої властивості до виживання, що також вимагає удосконалення стрес-тестів. На сьогодні мікроекономічне тестування (на рівні банків) відстає у методологічному плані від макроекономічного стрес-тестування (яке розроблялося фахівцями МВФ).

1. Проблематика дослідження

Стрес-тестування банків (на мікрорівні) потребує удосконалення з урахуванням реальних шоків національної та глобальної фінансової системи, визнання специфічної природи розповсюдження криз між країнами, необхідності готуватися до нових можливих потрясінь. Тестування не охоплює в повній мірі всі ризики, і в реальності масштаби та глибини криз є більшими, ніж припускалося. Побудова сценаріїв шоків містить підвищений ризик хибного моделювання, а результатам тестів не приділяють належної уваги керівництво, акціонери банків, інші учасники ринку та нагляду. Висновки щодо достатності або дефіциту капіталу в конкретному банку не оприлюднюються для учасників ринку, що стає підставою для спекуляцій на інсайдерській інформації, чуток, перешкоджає відновленню довіри до банків. Все це обумовлює актуальність подальших наукових досліджень в даній сфері.

Моделі стрес-тестування банків набули широкого розповсюдження за підтримки Базельського комітету з банківського нагляду [14]. Експерти Базельського комітету із банківського нагляду, аналізуючи практику використання стрес-тестів до початку світової фінансової кризи, зазначають, що більшість стрес-тестів не змогли передбачити ті екстремальні шоки, які відчули на практиці під час кризи банківські установи цілого світу. Значний внесок у розробку методології стрес-тестування банків сектору вніс дослідник МВФ М. Чихак [11]. Публікації вітчизняних науковців Л. Анісімової [1], М. Сердюк [10] та ін. присвячені макроекономічному, або макропруденційному, стрес-тестуванню банківського сектору, огляду міжнародної практики, але акцент зроблено на систематизації підходів, типів, видів моделювання подій і меншою мірою на вдосконаленні самих моделей і рекомендаціях щодо використання результатів тестування. Занадто велика увага українських вчених, в тому числі фахівців НБУ [3], приділяється кредитному ризику, щодо якого пропонується сценарний підхід, але меншою мірою іншим ризикам, що породжують значні збитки для банків.

2. Математичне представлення інформаційної технології управління

В даній роботі пропонується класифікація видів стрес-тестування і акцентується увага на гармонізації підходів у використанні цього інструменту в Україні з передовою практикою західноєвропейських країн.

Національний банк України визначає стрес-тестування (далі – СТ) як метод кількісної оцінки ризику, який полягає у визначенні величини неузгодженої позиції, яка наражає банк на ризик, та у визначенні шоків величини зміни зовнішнього фактора – валютного курсу, процентної ставки тощо, а поєднання цих величин дає уявлення про те, яку суму збитків чи доходів отримає банк, якщо події розвиватимуться за закладеними припущеннями [3]. На наш погляд, стрес-тести дають можливість визначити не тільки кількісну оцінку, але й якісну, наприклад, на відповідність систем захисту банку від ризиків. СТ представляє певний порядок оцінювання негативного впливу на фінансовий стан банку вірогідного сценарію несприятливих для середовища бізнесу змін. Визначення таких сценаріїв не означає прогнозування їх реалізації, тобто стрес-тестування не приділяє значну увагу імовірності настання подій, а більше характеру їх протікання та можливим наслідкам.

Процедури СТ мають на меті отримання оцінок:

- розміру кожного виду суттєвого ризику для конкретного банку;
- потреби у капіталі для абсорбції потенційних збитків від таких ризиків;
- необхідності у корекції внутрішніх моделей вимірювання ризиків банку;
- прийнятності заходів для попередження і пом'якшення ризиків.

НБУ дає розширений перелік цілей використання СТ [8]: 1) визначення розміру збитків банку у цілому та за окремими видами активів у разі виникнення стресових (екстремальних) ситуацій, а також оцінка потенційних можливостей покривати такі збитки; 2) оцінки достатності внутрішнього капіталу та рівня ліквідності банку; 3) визначення прийняттого рівня ризику (толерантності до ризику), який може брати на себе банк та забезпечувати фінансову стабільність, у тому числі в довгостроковій перспективі;

4) визначення ефективності та адекватності внутрішньобанківських документів з питань управління ризиками; 5) визначення ступеня залежності основних видів ризиків від окремих факторів, які обмежують або посилюють їх дію; 6) мінімізація впливу різних видів ризиків на діяльність банку шляхом розробки упереджувальних заходів для врегулювання стресових ситуацій, що можуть виникнути в майбутньому.

Нацкомфінпослуг дає вузьке призначення СТ для використання кредитними установами у стратегічному плануванні, складанні планів на випадок непередбачуваних подій та при розробці альтернативних стратегій зменшення ризиків [6].

Найбільш популярним у банківській практиці є використання різних моделей СТ для оцінки фінансових ризиків (кредитного ризику, ризику ліквідності, валютного ризику, ризику зміни процентної ставки), знецінення активів, а у меншій мірі – для нефінансових ризиків (репутаційного, операційного). СТ представляє послідовний процес (рис. 1), але циклічний за характером, оскільки передбачає постійне оновлення як припущень, так і самих моделей. У СТ явно виражений ризик моделювання (або ризик вибору хибної моделі), коли дослідники обирають невірні припущення та/або розрахунки. Тому на практиці реальні потрясіння банківської системи можуть відрізнятись від модельованих тестів. Зокрема, в плані тривалості та глибини шоків, швидкості розповсюдження проблем усередині системи.

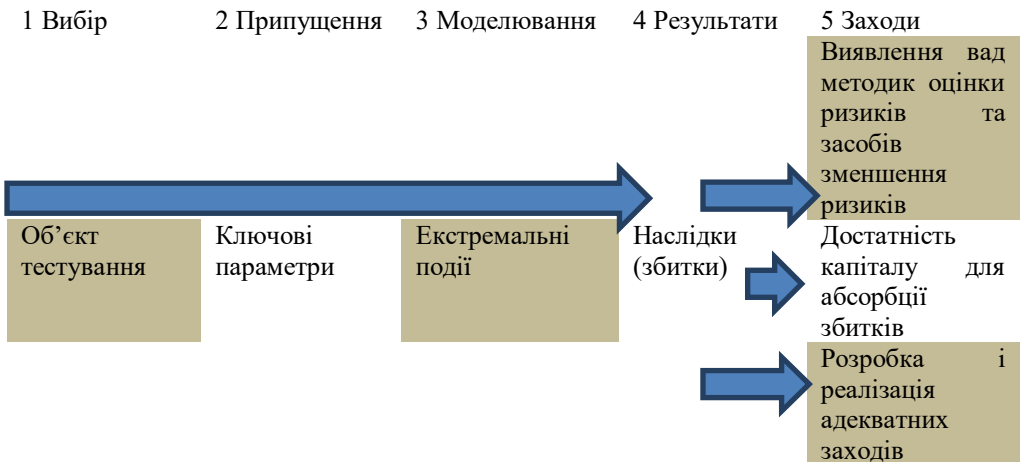


Рисунок 1 – Принципова модель стрес-тесту

Джерело: розроблено авторами

Як справедливо відзначає С.Б. Манжос [2], існує багато перешкод для ефективного розвитку системи СТ в українських банках, зокрема, відсутність деталізованої регулятором методики та алгоритму проведення стрес-тестування в банках та суттєві помилки у висновках, прогнозах і припущеннях.

Національний банк проводить регулярну оцінку можливих втрат банків шляхом аналізу чутливості до змін валютних курсів та процентних ставок.

Проте СТ для ризику ліквідності та операційного ризику залишаються поза увагою регулятора.

Найбільш розробленим є макроекономічне стрес-тестування українських банків за ініціативою МВФ. Перше обстеження 17 найбільших банків було проведено за програмою МВФ у 2008 р., а друга фаза діагностики – звершилася у 2009–2010 рр., охопивши 176 банків, за результатами якої виникла потреба збільшити капітал у 61 вітчизняному банку на суму 40 млрд грн. У 2014 році СТ пройшли банки 1-ї і 2-ї груп, і 18 з них потребували до капіталізації, в т.ч 9 найбільших банків на суму 56 млрд грн. У тому числі державним банкам знадобиться 12,5 млрд грн, банкам з іноземним капіталом – 20,5 млрд грн. Вадою таких стресів-тестів було те, що вони проводилися на підставі балансу станом на 1 квітня 2014 року. При цьому ризику зростання збитків за вкладеннями в Криму та у зоні АТО не враховувалися. Національний банк 7 липня 2014 р. повідомив про виконання 13 із 18 банків планів щодо докапіталізації за підсумками діагностичного стрес-тестування, яке проводили аудиторські компанії. Аудитори, зокрема, оцінювали вартість активів банку, правильність формування резервів і стійкість за погіршення ситуації протягом найближчих трьох років. Проте, згодом кілька перевірених банків було визнано неплатоспроможними. У січні 2015 року НБУ Постановою № 75 передбачив, що акціонери та інвестори, які братимуть участь у капіталізації банку, зобов'язані подати до Національного банку України гарантійні листи щодо забезпечення капіталізації банку.

На наш погляд, таке рішення є безпрецедентним з точки зору регулятивного тиску на банки: по-перше, розробити у стислі строки реалістичну програму залучення капіталу дуже складно в умовах системної кризи; по-друге, припущення стрес-тестів не є підставою для визнання банку неплатоспроможним, оскільки діагностовано лише потенційну неплатоспроможність; по-третє, створення буферу капіталу на фазі кризи суперечить антициклічному підходу за Базелем III.

У квітні 2015 року Національний банк України прийняв рішення про діагностичне обстеження стану найбільших 20 банків (Постанова НБУ № 260 від 15.04.2015). Метою обстеження була оцінка стійкості банківської системи шляхом визначення якості активів і потреб у докапіталізації банків на період 2015–2017 років. Особливістю діагностики є проведення її за двома фазами: по-перше, аналіз якості активів та власно стрес-тест з використанням макроекономічного сценарію, по-друге, зосередження на кредитному ризику, тобто це не є комплексною оцінкою вразливості банків. На першому етапі Національний банк України здійснив перевірку достовірності оцінки якості активних операцій, достатності сформованих резервів та визначення достовірності балансової вартості. До вибірки кредитів суб'єктів господарювання ввійшли усі кредити, які більші або дорівнюють 200 млн грн, або складають 5% розміру регулятивного капіталу (без урахування сформованого резерву), інші кредити до досягнення 65% обсягу кредитного портфеля та усі кредити пов'язаних з банком осіб, які більші або дорівнюють 1% регулятивного капіталу. Після перевірки якості кредитів проведено розрахунок показників достатності капіталу. Другий етап передбачає стрес-тестування із застосуванням моделі Національного банку України. Під час стрес-тестування визначається додаткова потреба в капіталі конкретних банків, обумовлена погіршенням економічної ситуації. Стрес-тестування

охоплюватиме прогнозний період до кінця 2017 року. Планувалося, що якщо за підсумками цих обстежень буде встановлено, що норматив достатності (адекватності) регулятивного капіталу (Н2) буде нижче 10%, банки будуть зобов'язані у місячний термін надати нові й уточнені плани капіталізації, щоб досягти значення Н2 в 5% на початок лютого 2016 р., 7% – до 1 січня 2018 р. і 10% – до 1 січня 2019 р. [7]. Узгодження висновків діагностики обстеження та планів тривало впродовж жовтня-грудня 2015 року, зокрема, дискутувалося визначення переліку пов'язаних осіб та оцінки фінансового стану великих позичальників. У листопаді 2015 року НБУ вирішив перенести на пізніший термін стрес-тест другої двадцятки банків через введення з 1 квітня 2016 року нової оцінки кредитного ризику банків, згодом було уточнено, що з травня поточного року пройдуть СТ 40 банків.

Модель СТ 2015 року побудована на наступних засадах [2]:

- проведення тестування для банків на індивідуальній основі з використанням отриманих від банків даних, регулярної звітності та прогнозів НБУ;
- розробка моделі підрозділами НБУ (підхід «згори-донизу»);
- аналіз великих позичальників/емітентів на індивідуальній основі, враховуючи профіль ризиків позичальників/емітентів і характеристики забезпечення;
- аналіз інших експозицій, що не відповідають критеріям «великих», на портфельній основі.

Даний документ має на меті представити банкам детальну інформацію щодо принципів, сфери застосування, сценаріїв, розрахунків, визначень та припущень СТ.

В Україні результати СТ за конкретними банками не оприлюднюються регулятором, а підсумкова інформація за групою обстежених банків офіційно розкривається із запізненням на 6 міс. Лише у січні 2016 року представник Департаменту банківського нагляду розповіла про результати стрес-тестування перших 20 банків. Окремі банки стисло доповідають про результати СТ. Зокрема, за результатами діагностичного дослідження НБУ дав припис Приватбанку доформувати резерв за кредитами юридичних осіб на 7115 млн грн, за кредитами фізичних осіб – на 884,6 млн грн. Це означає, що даний банк потребує докапіталізації на суму 8 млрд грн (при регулятивному капіталі на початку 2016 року 22 млрд грн). Керівництво Приватбанку не погодилося з такими результатами та вдалося до дискусії з НБУ з цього питання [2]. Предметом обговорення є розбіжність національних стандартів обліку та Міжнародних стандартів фінансового обліку (МСФЗ) в частині оцінки кредитного ризику і забезпечення кредитів. Крім того, банк не вважає всі ідентифіковані наглядом операції з кредитування пов'язаних сторін ризиковими, посилаючись на те, що українські регулятивні норми вимагають формального визнання осіб пов'язаними залежно від володіння від 10% у складі засновників, а за МСФЗ – від 20%. Такий рівень розкриття інформації про результати СТ не сприяє відновленню довіри до банків.

В західних країнах регулятори детально та оперативно розкривають результати СТ, а також вимагають від самих банків оприлюднювати ці результати. У табл. 1 наведено інформацію про СТ 2015 року найбільших британських банків.

Таблиця 1 – Прогноз показника капіталізації найбільших британських банків в умовах сценаріїв стресу – адекватність капіталу 1-го рівня

Банк	Факт (на кінець 2014 року)	До впливу стратегічних рішень або конверсії інструментів капіталу	Після впливу стратегічних рішень до конверсії інструментів капіталу	Після впливу стратегічних рішень та конверсії інструментів капіталу	Факт (3 кв. 2015 року)
Barclays	10,2	6,8	7,3	7,3	11,1
HSBC	10,9	7,0	7,7	7,7	11,8
Lloyds Banking Group	12,8	9,5	9,5	9,5	13,7
Nationwide	19,88	19,1	19,1	19,1	21,9
Royal Bank of Scotland Group	11,1	5,9	6,1	6,1	12,7
Santander UK	11,9	9,5	9,8	9,8	11,7
Standard Chartered	10,5	5,1	5,4	5,4	11,4
Агреговано	11,2	7,2	7,6	7,6	12,2

Джерело: [16]

Примітка: адекватність капіталу 1-го рівня визначається як співвідношення капіталу 1-го рівня (прості акції, емісійна різниця, нерозподілений прибуток, інші резерви, певні види простих акцій, емітовані дочірніми структурами банку, регулятивні корегування капіталу) до зважених на ризик активів.

НБУ підготував на заміну Методичним рекомендаціям з організації управління ризиками в банках проект Постанови [8], де окремо йдеться про СТ. Зокрема, визначаються регулярність тестування (не рідше одного разу на квартал, за необхідності проведення оперативного стрес-тестування), ключові положення до внутрішнього документу про порядок проведення стрес-тестування, що має передбачати етап збору інформації для СТ, етап ідентифікації факторів ризику та етап аналізу сформованої динаміки ризик-факторів шляхом визначення зміни їх значень на заданих відрізках часу. Програма проведення СТ має включати: перелік видів ризиків та основних факторів ризиків; методи (алгоритм) проведення стрес-тестування, у тому числі методологію визначення відповідних стрес-сценаріїв (моделей); порядок розгляду результатів стрес-тестування та їх доведення до керівників банку з метою прийняття управлінських рішень щодо зниження рівня ризиків; обов'язки, права та відповідальність працівників банку, які здійснюють стрес-тестування.

НБУ буде рекомендувати банкам включити в сферу СТ принаймні фінансові ризики та операційний ризик. Кількісні показники мають забезпечувати ідентифікацію можливих сценаріїв розвитку подій та визначати масштаби можливих змін ринкової кон'юнктури та коливань основних її компонентів, що впливають на результат діяльності банку та рівень його економічної безпеки. Якісні показники мають забезпечувати

оцінку спроможності внутрішнього капіталу банку покривати можливі збитки та визначати комплекс заходів для зниження рівня ризику, мінімізації можливих втрат, збереження та захисту капіталу і підтримання належного рівня ліквідності.

Методи проведення стрес-тестування банк визначає самостійно з урахуванням досвіду щодо їх використання. Банк в залежності від ситуації використовує, зокрема, такі методи:

1) аналіз чутливості портфеля активів до зміни факторів ризику, при якому моделюються наслідки зміни одного фактора ризику або групи тісно взаємопов'язаних факторів, при цьому значення інших факторів залишаються без змін;

2) сценарний аналіз, під яким розуміється моделювання впливу одночасної зміни декількох факторів ризику, що базуються на історичних або гіпотетичних подіях;

3) оцінка максимально можливих втрат, пошук сценарного підходу, при якому можливі найбільш великі збитки. Пошук може здійснюватись як експертним методом, так і за допомогою статистичного моделювання.

При розрахунку максимальних втрат визначається комбінація факторів ризику, їх негативна динаміка, що потенційно здатні принести максимальні збитки банку.

НБУ буде вимагати СТ на рівнях: індивідуальних контрагентів, індивідуальних трансакцій та/або групи трансакцій, портфельів тощо.

Банк для проведення стрес-тестування визначає основні (базові) фактори ризиків, які можуть впливати на його діяльність і фінансовий стан та які включають:

1) макроекономічні показники (економічний спад, радикальна зміна вектора розвитку економіки, дефолти позичальників); значні коливання курсу національної валюти відносно інших валют (інфляція, дефляція); відкритість (доступність) міжбанківського ринку; рівень політичної та геополітичної стабільності; стійкість фінансових ринків, у тому числі можливість протидіяти спекулятивним атакам; зміни процентних ставок (наприклад, ставки LIBOR, облікової ставки); можливість знецінення майна, що враховується в якості забезпечення за кредитними операціями банків (зокрема, через падіння цін на ринку нерухомості, кризу окремих галузей економіки); волатильність цін на енергоресурси тощо;

2) мікроекономічні показники (можливість доступу банку до зовнішніх джерел фондування, ринкову позицію банку тощо).

Банк для забезпечення адекватного визначення основних факторів ризиків здійснює аналіз структури операцій банку та враховує стратегію та бізнес-план розвитку банку. Дуже важливо, що передбачається обирати найгірший сценарій розвитку подій, а за результатами моделювання виявляти вразливі місця у системі захисту від ризиків, передбачати можливість оперативного втручання керівників банку у процеси, які загрожують банку, шляхом запровадження комплексу необхідних заходів, спрямованих на зменшення впливу ризиків та уникнення фінансових втрат. Також банк для підвищення ефективності здійснення СТ має систематично коригувати сценарії та моделі, регулярно оцінювати (не рідше одного разу на рік) ефективність і надійність програми стрес-тестування. У банках треба забезпечувати своєчасне доведення до відома ради банку та правління банку висновків про результати

СТ для розроблення та вжиття відповідних заходів щодо зменшення впливу потенційних ризиків та уникнення/мінімізації фінансових втрат.

НБУ буде вимагати надання детальної інформації про (а) методику СТ, (б) результати СТ та (в) адекватні управлінські заходи банку. Такий підхід дійсно є новацією і буде сприяти підвищенню стійкості банків до можливих потрясінь.

Як показують прецеденти краху українських банків у 2014-2015 роках, у кризових обставинах керівники банків вживали неетичні заходи: затримка проведення платежів за документами клієнтів, умовляння вкладників пролонгувати депозитні договори обіцянками стабілізації та високих процентних ставок, вибірковість у поверненні вкладів (неформальні черги), припинення роботи процесингу платіжних карток, обмеження готівки в банкоматах та розрахунків за покупку. Такі заходи давали ефект лише на кілька днів і не були вирішенням проблеми, підривали довіру до даного банку і до всієї системи.

В якості прикладу пропонуємо розглянути модель стрес-тесту для ризику ліквідності на щоденній основі для трьох великих банків, які були визнані неплатоспроможними у 2015 році. Для порівняння ми обрали єдиний набір припущень. Наприклад, у часи кризи 2014 року залишки коштів клієнтів у банках знижувалися на 5% за декаду, тобто на 20% за місяць, адже кошти на вимогу громадяни знімали дуже швидко через банкомати. В основу стресу закладені наступні припущення (темпи чистого скорочення залишків коштів у наступні 30 днів після дати балансу):

строкових коштів ФО	-10%
коштів ФО на вимогу	-50%
залишків строкових коштів інших банків	-50%
коштів банків на вимогу	-75%
коштів СГД на вимогу	-30%
коштів СГД строкових	-20%
коштів НБУ	-10%.

У банку ризик-менеджмент має враховувати у запасі ліквідності лише необтяжені ліквідні активи.

Для покриття потенційного скорочення коштів ми застосували поняття «запас ліквідності», що складається з готівкових коштів (не враховано ризик шахрайства банку з касовими операціями, коли реальний залишок коштів у касі був значно менше вказаного у балансі), коштів в НБУ (не враховано можливе надання коштів на рахунку у забезпечення за кредитами рефінансування), коштів в інших банках на вимогу (враховано в запасі лише 50%, оскільки в українських банках існує практика розміщувати такі кошти як заставу під забезпечення пасивних або «схемних» операцій), необтяжених державних цінних паперів (припущення, що 50% розміщених коштів є необтяженими, з дисконтом 20% на реалізацію, в цю позицію потрапляють депозитні сертифікати НБУ).

На рис. 2 наведено результати стрес-тестування покриття ліквідності банків на щоденній основі.

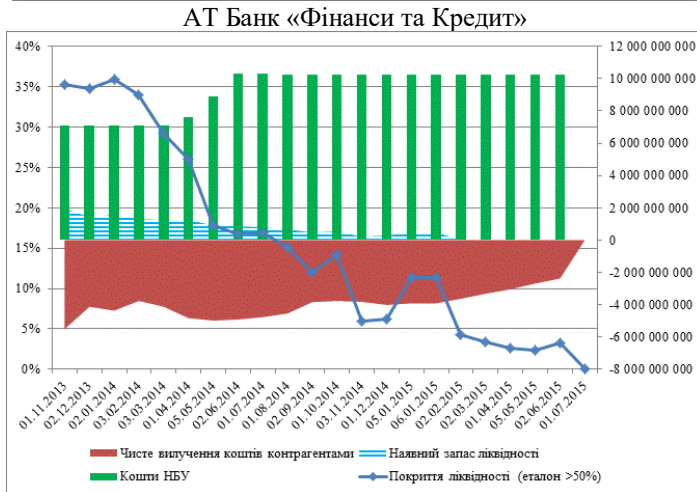
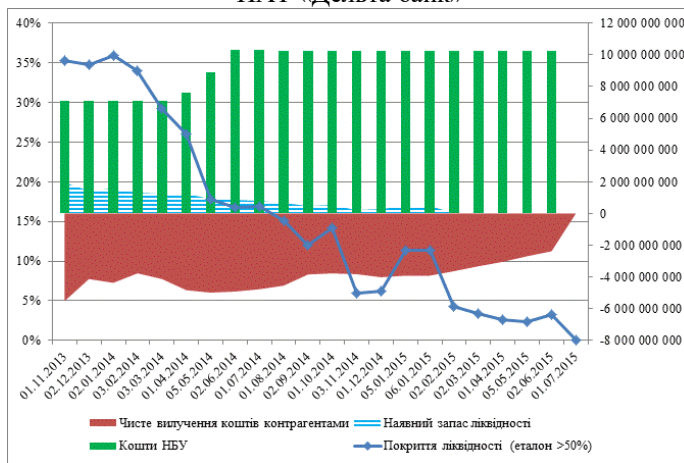
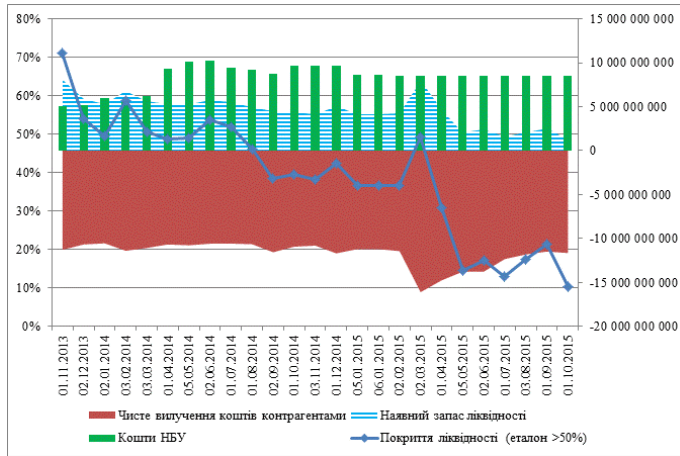


Рисунок 2 – Динаміка покриття ліквідності великих банків, визнаних неплатоспроможними у 2015 році, грн

Джерело: розраховано авторами за даними статистичної звітності банків

Завдяки своєму статусу великих банків, ці установи отримували значне рефінансування від НБУ, перебуваючи фактично у проблемному стані. Вищенаведені графіки показують, що коли великі банки користувалися рефінансуванням НБУ, крива покриття ліквідності вже набула низхідної форми – і задовго до запровадження в банках тимчасової адміністрації. Стале падіння розпочалося з рівня 45%.

Як показав аналіз визнаних випадків неплатоспроможності банків, рівень 40% вже є критичним, а досягнення 35% означає, що банк скоріше за все більше ніколи не відновить свій нормальний стан. Оптимальним рівнем покриття ліквідності має бути 100% за Базелем III, але в умовах українського ринку таким безпечним рівнем можна вважати, на нашу думку, принаймні 50%.

Нижченаведена таблиця показує лаг часу від падіння покриття ліквідності до запровадження тимчасової адміністрації. Деяким банкам вдалося тривалий час відстрочувати запровадження тимчасової адміністрації. У дану таблицю не включено банк «Надра», що за весь час спостережень – з 2013 року – не виходив за рівень вище 35%, а за період 6 міс. до запровадження тимчасової адміністрації його покриття ліквідності в середньому було 9%.

Таблиця 2 – Часова відстань між оголошенням банку неплатоспроможним і падінням покриття ліквідності нижче 45%

	Запровадження ТА	Падіння ПЛ нижче 45%	Кількість місяців
Дельта банк	03.03.2015	01.08.2014	7,1
Фінанси та кредит	16.09.2015	01.02.2014	19,7
Фінансова ініціатива	23.03.2015	01.03.2014	12,9
Укрінбанк	24.12.2015	01.07.2014	18,0
Столичний	10.07.2015	01.04.2014	15,5
Імексбанк	06.01.2015	01.08.2014	5,3
Златобанк	13.02.2015	01.11.2013	15,6
УПБ	29.05.2015	01.05.2014	13,1
Укргазпромбанк	08.04.2015	01.09.2014	7,3
Національні інвестиції	17.09.2015	01.05.2015	4,6
Контракт	06.10.2015	01.11.2014	11,3
Капітал	21.07.2015	01.04.2015	3,7
Стандарт	20.02.2015	01.08.2014	6,8
Енергобанк	13.02.2015	01.05.2014	9,6
Укоопспілка	23.01.2015	02.12.2013	13,9
ВіЕйБі банк	21.11.2014	01.02.2014	9,8
Терра банк	22.08.2014	01.02.2014	6,7
Легбанк	28.11.2014	01.06.2014	6,0
Брокбізнесбанк	28.02.2014	01.06.2013	9,1
Актив банк	03.09.2014	01.02.2014	7,1
Середнє значення			10,2

Джерело: розраховано за даними щоденного балансу банків

Бек-тестування дозволило виявити групу неплатоспроможних банків, які продовжували підтримувати високе значення покриття ліквідності до і після визнання їх неплатоспроможними (Укрбизнесбанк, Фінансова Ініціатива, Авант, Київська Русь, Національний кредит, Камбіо, ВБР банк, Радикал, Преміум, Велес, Інтеграл, Профін). В даних банках підтримувався відносно високий потенціал залучення ресурсів, а запровадження тимчасової адміністрації було пов'язане з іншими причинами: невиконання плану додаткової капіталізації, грубе порушення вимог фінансового моніторингу, нерозкриття банком реальних власників тощо.

В ідеалі для кожного банку мають бути застосовувані різні припущення, враховуючи його репутацію, історичні стресові події, моделі бізнесу та масштаби (системне значення).

Для стрес-тестування здатності банку зберегти ресурсний потенціал ми пропонуємо наступний алгоритм.

Моделювати або закриття доступу банку до ключових ресурсів, або вилучення ресурсів внаслідок системної кризи. Окремо має розглядатися вилучення коштів фізичних осіб, юридичних осіб, інших банків, міжнародних кредиторів та рефінансування від НБУ (наприклад, від припинення рефінансування внаслідок відсутності належної застави зазнали краху банки «Київська Русь», «Златобанк», УПБ, «Надра», «Фінанси та кредит», «Дельта-банк», «ВіЕй Бі Банк»).

Слід враховувати, що між постачальниками ресурсів існують взаємопов'язаності: кошти на зарплатних картках і кошти на рахунках підприємств, кошти рефінансування можуть надаватися для покриття вилучення коштів клієнтами, кошти банків можуть вилучатися у разі ознак паніки серед клієнтів банку.

Активність банку у кредитуванні клієнтів є потужним стимулом для залучення коштів контрагентів, оскільки, по-перше, іноземні кредитори та регулятор розцінюють це як здатність банку генерувати доходи; по-друге, позичальники, як правило, мають поточні та строкові рахунки у своєму банку-кредиторі; навпаки – згортання кредитування призводить до втрати ключових клієнтів, які переходять на обслуговування у інші банки-кредитори.

Певна частина коштів клієнтів є фактично коштами акціонерів (власників) банку – як фізичних, так і юридичних осіб. Це означає, що поведінка таких коштів буде залежати від підтримки банку його акціонерами.

Міжнародні фінансові організації та інші кредитори можуть припинити фінансування, якщо банк порушить нормативи або інші ковенанти. Порівняно з іншими постачальниками ресурсів, такі кредитори не панікують.

Основними параметрами для моделювання стресу мають бути: чистий рух коштів на рахунках певної групи контрагентів (перевищення вилучення коштів над надходженням), можливість для банку оперативно замінити (замістити) вилучені ресурси, можливість пролонгувати договори або технічні можливості затримати видачу коштів з рахунків.

Кожний кредитор на оптовому ринку ресурсів (інші банки, НБУ, міжнародні фінансові організації) встановлює певні обмеження на вкладення ресурсів в один банк (з метою диверсифікації ризику), крім того, діє обмеження на розмір гарантованого відшкодування вкладів фізичних осіб. Акціонери здатні оперативно (в межах 2 тижнів) допомагати банку у разі кризи вилучення коштів контрагентами різними шляхами: надання

субординованого боргу, міжбанківський кредит, розміщення коштів на коррахунку, внесення коштів на депозити від фізичних осіб та підприємств.

Наведений розподіл факторів дозволяє розставити пріоритети за видами контрагентів та їх часткою в ресурсній базі конкретного банку. На підставі моніторингу банків ми розподілили фактори здатності банку залучати ресурси на три групи: 1-а група (дуже важливі) – лобіювання інтересів, стабільний фінансовий стан, імідж та репутація банку, капітал, конкурентні ставки та мотивація персоналу; 2-а група (важливі) – дотримання вимог, обмеження вкладень у банк, філіальна мережа, рейтинг банку, кредитування клієнтів, продуктивний ряд; 3-я група (найменш важливі) – якість застави, агентська мережа. Відповідно формула оцінки потенціалу залучення ресурсів буде набувати такого виду:

$$P_R = \sum f_i * s_g,$$

де f_i – бальна оцінка i -фактора в діапазоні 1-5 (максимальна);
 s_g – питома вага для групи, в яку включений даний фактор.

Таблиця 3 – Питома вага факторів за групами

Фактори	Вага, %	Дуже добре	Добре	Задовільно	Погано	Дуже погано
Стабільний фінансовий стан	12,5	5	4	3	2	1
Імідж та репутація банку	11,5	5	4	3	2	1
Капітал	10,5	5	4	3	2	1
Конкурентні ставки	6,75	5	4	3	2	1
Мотивація персоналу фронт-офісу	6,25	5	4	3	2	1
Лобіювання інтересів	6,25	5	4	3	2	1
Філіальна мережа	6,25	5	4	3	2	1
Дотримання регулятивних вимог	6,25	5	4	3	2	1
Обмеження вкладень в один банк	6,25	5	4	3	2	1
Продуктивний ряд банку	6,25	5	4	3	2	1
Рейтинг банку	6,25	5	4	3	2	1
Кредитування клієнтів	5,00	5	4	3	2	1
Агенти банку	5,00	5	4	3	2	1
Якість застави	5,00	5	4	3	2	1
Усього	100,0					

Джерело: складено авторами

На прикладі найбільших банків ми розрахували показник ресурсного потенціалу в балах. Видно, що певні вади банки компенсують іншими факторами, зокрема, лобіюванням інтересів, якісним сервісом, підтримкою капіталізації акціонерами. У визначенні репутації враховувалися негативні відгуки про банк, новини про конфлікти з регулятором тощо.

Таблиця 4 – Розрахунок балу ресурсного потенціалу

Фактори	Приватбанк	ПУМБ	Ощадбанк	Укресімбанк	Укросоцбанк	Райф. Аваль	ОТП-банк	ПІБ	Сбербанк Росії
Фактор 1	5	4	3	3	3	3	2	2	3
Фактор 2	3	4	4	4	5	5	5	2	2
Фактор 3	3	3	4	4	5	4	4	1	3
Фактор 4	5	4	4	4	2	3	3	5	5
Фактор 5	5	4	3	3	5	4	3	4	4
Фактор 6	5	4	5	5	3	3	2	2	2
Фактор 7	5	3	5	3	4	4	3	3	4
Фактор 8	2	2	2	2	4	4	3	2	2
Фактор 9	3	3	5	3	3	3	3	3	3
Фактор 10	5	3	4	4	3	3	4	3	3
Фактор 11	3	3	3	3	4	4	4	3	4
Фактор 12	4	3	3	3	3	3	4	2	3
Фактор 13	5	1	1	1	1	5	5	1	1
Фактор 14	2	4	5	5	4	5	4	5	5
Середній	3,923	3,320	3,663	3,413	3,635	3,785	3,473	2,573	3,083

Джерело: розраховано авторами

Дану модель можна вдосконалювати, додаючи інші фактори, виключаючи менш важливі фактори, коригуючи питому вагу кожного фактора.

Модель СТ ресурсного потенціалу має передбачати заміненість ресурсу, що може втратити банк у разі стресу. Ми пропонуємо розглядати альтернативи для фінансових ресурсів, наприклад, скорочення коштів населення покривати коштами інших фізичних осіб, підприємств, інших банків та акціонерів; кошти банків – коштами рефінансування. У деяких західних країнах прийнято створювати схеми взаємодопомоги банків, в Україні ця практика не розповсюджена, а переважає неформальне групування банків замкнутого типу: групи малих банків, групи іноземних банків та групи державних банків.

Найбільш суттєвим ударом для банку є вилучення коштів акціонерами, оскільки одночасно власники банку знімають кошти з рахунків в обхід всіх регулятивних обмежень, кредити пов'язаним сторонам стають простроченими, а збільшення капіталу – неможливим. В такому критичному стані банк не може залучити сторонніх інвесторів, і його крах стає неминучим. Це підтверджується безуспішними спробами Фонду гарантування вкладів тривалий час знайти інвесторів в абсолютній більшості випадків.

Для моделювання стресу для ризику ліквідності слід застосовувати темпи скорочення коштів клієнтів у 1–2-му кварталі 2014 року, кореляцію між рухом коштів на рахунках різних типів клієнтів у нормальному стані ринку та в умовах кризи. Модель СТ має ураховувати доступ до ресурсів Національного банку як заходу останньої надії (потребує регулярного уточнення, враховуючи зміни у вимогах до забезпечення, стану банку, можливості укласти домовленості про кредитну лінію, яка може бути використана у часи кризи). Така модель має передбачати різні тривалості вилучення коштів (від двох тижнів), з фазами високої активності (хаотичної поведінки клієнтів, одночасного зняття коштів, припинення нових надходжень), послаблення стресу і стабілізації. В основу можна закласти сценарій історичного розвитку подій, скоригований на визначені заходи реагування банку (уроки кризи).

За результатами стрес-тесту для ризику ліквідності та оцінки ресурсного потенціалу керівництво банку має зробити висновки та прийняти наступні рішення щодо негайної нейтралізації загроз:

- диверсифікація ресурсів за контрагентами, строками;
- створення буферу ліквідних активів для надання у заставу у разі кризи;
- актуальність домовленостей з іншими банками та з Національним банком щодо підтримки ліквідності;
- моніторинг скарг клієнтів та іміджу банку;
- домовленості з ключовими акціонерами (реальними власниками) банку про отримання фінансової допомоги у разі кризи;
- прогнозування поведінки ключових вкладників, їх реакції на можливі негативні сигнали про стан банку;
- антикризові маркетингові комунікації з метою зміцнення довіри до банку.

Висновки

Національний банк України як регулятор має оприлюднювати методіку стрес-тестування банків та результати тестів за кожним банком, з коментарями щодо заходів з підвищення капіталізації. Сфера стрес-тестів має охоплювати фінансові та нефінансові ризики.

Запропонована модель стрес-тесту ризику ліквідності дозволяє з високою імовірністю перевіряти на щоденній основі стійкість конкретного банку до кризи ліквідності. Бальна оцінка ресурсного потенціалу у разі стресу на кварталній основі доповнює результати стрес-тесту для ризику ліквідності. Значний період спостережень сталого погіршення показників покриття ліквідності та бальної оцінки потенціалу можуть слугувати для контрагентів банку та органу нагляду сигналом раннього попередження про вразливість банку до потрясінь, а ризик-менеджменту даного банку – своєчасно ініціювати заходи реагування, щоб попередити кризу. Подальшого дослідження потребує оцінка стійкості банків шляхом порівняння зрушення у залишках коштів клієнтів та коштів рефінансування. Оцінювати потенціал залучення ресурсів слід на основі градації контрагентів за суттєвістю ресурсів та важливістю факторів, яким приділяють увагу контрагенти, приймаючи рішення про надання (або пролонгацію) ресурсів у банку.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Анісімова Л. Стрес-тестування ризиків центральними банками // Фінанси та банківська справа. – Вісник КНТЕУ № 3, 2014. – С. 63–75.
2. Дубілет: НБУ вважає, що Приватбанку потрібна докапіталізація на 8 млрд грн. – 06.10.2015. – Finbalance – інформаційний портал. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://finbalance.com.ua/news/Dubilet-NBU-vvazha-shcho-Privatbanku-potribna-dokapitalizatsiya-na-8-mlrd-hrn>
3. Дюба Ю., Муріна А. Підхід Національного банку України до стрес-тестування української банківської системи // Вісник Національного банку України № 12, 2015. – С. 39–52.
4. Манжос С.Б. Стрес-тестування банків: огляд методологій. – Финансы, учет, банки. – № 1 (20), 2014. – С. 188–194.
5. Методичні рекомендації щодо порядку проведення стрес-тестування в банках України // Постанова Правління Національного банку України від 06.08.2009 р. №460.
6. Методичні рекомендації щодо загальних підходів до проведення стрес-тестування кредитних установ. – Проект розпорядження Нацкомфінпослуг. – 2 Грудня 2015 року Інформаційне повідомлення про оприлюднення проекту розпорядження. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.nfp.gov.ua>.
7. Національний банк України розпочинає діагностичне обстеження банків та оцінку ризиків активних операцій з пов'язаними особами. – 20.04.2015 прес-реліз. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.bank.gov.ua/control/uk/publish/article?art_id=16601046
8. Положення про організацію системи управління ризиками в банках України. – Постанова Правління Національного банку України. – Проект. 04.11.2015. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/NT1882.html
9. Про внесення змін до постанови Правління Національного банку України від 24 лютого 2015 року № 129. Постанова Правління Національного банку України від 12.05.2015 № 313. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/v0313500-15>.
10. Сердюк М.О. Визначення вразливих сфер діяльності банків на основі стрес-тестування. – «Молодий вчений» Економічні Науки. – № 1 (16), січень, 2015 р. – С. 62–65.
11. Čihák M. and Ong L.L. Stress Testing at the International Monetary Fund: Methods and Models, A Guide to IMF Stress Testing: Methods and Models – 2014. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.elibrary.imf.org/staticfiles/misc/toolkit/pdf/chap1.pdf>
12. EU-wide Stress Test 2016. – Draft Methodological Note. – 05 November 2015. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.eba.europa.eu
13. Kapinos P., Mitnik O. A top-down approach to stress-testing banks. – Federal deposit insurance corporation. Center for financial research. – March 2015. – FDIC CFR. WP 2015-02. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.fdic.gov/cfr>
14. Principles for sound stress testing practices and supervision. Consultative Document, Bank for international settlements. – March 13, 2009. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.bis.org/publ/bcbs147.pdf>
15. Stress testing the UK banking system: guidance for participating banks and building societies. – Guidance. Bank of England. – March 2015. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.bankofengland.co.uk/financialstability/Documents/stresstesting/2015/guidance.pdf>
16. Stress testing the UK banking system: 2015 results. – December 2015. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.bankofengland.co.uk/financialstability/Documents/fpc/results011215.pdf>

Стаття надійшла до редакції 20.02.2016

УДК 629.039.58; 004.942

О.В. КОВАЛЕНКО

МОДЕЛЬ УПРАВЛІННЯ ПЕРСОНАЛОМ ПІДПРИЄМСТВ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ З ТРИТІЄМ

***Анотація.** У статті представлено опис можливих аварійних ситуацій при роботі підприємств, що працюють з ізотопом водню тритієм. Наведено розрахунок максимальної приземної концентрації та надходження тритію в організм персоналу категорії Б через органи дихання при аварійному викиді в атмосферу. Обґрунтовано модель управління персоналом з метою недопущення аварійних ситуацій на об'єкті. Зроблено висновки та означено перспективи подальших досліджень із застосування математичних методів для прогнозування та моделювання безпеки роботи небезпечних підприємств, що працюють з тритієм.*

***Ключові слова:** аварійна ситуація, викид, рівень, концентрація, залежність.*

Вступ

Тритій (Т або H^3) – це надважкий ізотоп водню, ядро якого складається з трьох нуклонів (звідки й назва ізотопу). Період напіврозпаду складає 12,35 року, питома активність – 356,3 ТБк/г. Радіоактивний розпад тритію супроводжується випромінюванням тільки низькоенергетичних бета-частинок (максимальна енергія $E_{max} = 18,6$ кеВ, середня енергія $E_{сер} = 5,71$ кеВ). За радіотоксичністю тритій віднесено до групи Г.

Зважаючи на низьку енергію бета-випромінювання тритію, дозою від зовнішнього опромінення при роботі з тритієм можна знехтувати, проте тритій несе значну небезпеку при потраплянні в організм у вигляді оксидів тритію (НТО, ДТО), особливо у вигляді надважкої води T_2O , яка в 500 разів більш токсична, ніж газоподібний тритій. Тому основна доза формується за рахунок внутрішнього надходження тритію та його сполук. Враховуючи те, що під дією власного випромінювання тритій легко окислюється, і те, що він бере участь в реакції ізотопного обміну з вологою повітря, слід вважати викиди в повітря газоподібного тритію такими ж небезпечними, як і викиди у вигляді води.

Метою роботи є представлення моделі управління персоналом при постановці виробничих задач підприємств, що працюють з тритієм.

Мета теми буде розкрита через наступні завдання:

– проведено аналіз аварійних ситуацій, що можуть виникати при роботі підприємств, що працюють з тритієм;

– надано приклад розрахунку максимальної приземної концентрації та надходження тритію в організм персоналу категорії Б через органи дихання для підприємства, що працює з тритієм, при аварійному викиді в атмосферу;

– представлено та обґрунтовано модель управління персоналом з метою недопущення аварійних ситуацій на об'єкті.

Робота базується на матеріалах практичних досліджень лабораторії фізико-технічних проблем джерел ядерних випромінювань (ЛФТПДЯВ) Інституту ядерних досліджень НАН України (ІЯД).

1. Можливі аварійні ситуації при роботі з ізотопом тритію

За даними зовнішніх експертних оцінювань, потреба тритію в Україні складає близько $7,4 \cdot 10^7$ МБк (2000 Кі) на рік. Ці потреби – нанесення різноманітних міток на спеціальні прилади, використання у медицині та військово-промислового комплексу, атомній енергетиці.

Наприклад, лише в ІЯД виробляються та планують виробляти джерела іонізуючого випромінювання на основі радіоактивного ізотопу водню тритію, зокрема, це:

- метало-тритієві мішені для генерації термоядерних швидких нейтронів на прискорювачах заряджених частинок, які застосовуються в апаратурі активаційного аналізу матеріалів і речовин, імпульсного нейтронного каротажу свердловин родовищ корисних копалин, для досліджень у галузі нейтронної фізики, пошуку вибухових речовин тощо;

- джерела низькоенергетичного бета-випромінювання, що застосовуються у різноманітних іонізаційних приладах (джерела початкової іонізації газорозрядних надвисокочастотних (НВЧ) приладів, іонізаційні камери газових хроматографів, нейтралізатори статичної електрики тощо);

- мічені тритієм різноманітні хімічні та фармакологічні сполуки для досліджень у галузі біології, ветеринарії та медицини [1].

Використання в ІЯД технологій, що дозволяють застосовувати тритій у складі твердотільних структур, зменшує потенційну загрозу від потрапляння тритію та його рідких та газоподібних сполук у навколишнє середовище до таких рівнів, при яких застосуванню тритію в ізотопному приладобудуванні та ізотопній техніці не можна знайти розумної альтернативи. Про це свідчить більш ніж 30-річний досвід безаварійного та ефективного застосування джерел іонізуючого випромінювання (ДІВ) на основі тритію майже в усіх галузях народного господарства як колишнього СРСР, так і в країнах, що утворилися на його території, і в інших країнах світу.

Широкі можливості практичного використання тритію обумовлені в першу чергу специфікою його властивостей, економічною ефективністю його застосування, технологічністю тощо. Проте історія людства знає ряд катастроф, пов'язаних із радіоактивним забрудненням тритієм значних територій. Найбільш відомою є катастрофа на ВО «Маяк» в Челябінській області СРСР у 1957 р. (Киштимська аварія), коли сотні тисяч осіб постраждали, а більшість населення регіону ще тривалий час потерпала від води з вмістом тритію у надвисокій концентрації, а також від радіаційно забруднених хмар, що були винесені вітром далеко за межі аварії.

Небезпечність тритію полягає у наступному: тритій, що потрапляє усередину клітин організму, спричиняє більші ушкодження, ніж зовнішнє опромінення через те, що продукти розпаду стають джерелами внутрішнього випромінювання, призводять до ушкодження органічних комплексів та ДНК, порушення кровотоку та виникнення злоякісних утворень.

Робота з тритієм вимагає суворого виконання ряду правил та інструкцій. Так, наприклад, у випадку виникнення аварії, персонал підприємства, що

працює з тритієм, керується правилами і вимогами «Інструкції щодо дій персоналу у випадку радіаційної аварії при роботах з тритієм та іншими джерелами іонізуючого випромінювання в приміщеннях I класу робіт з радіоактивними речовинами у відкритому виді», «Планом заходів по ліквідації наслідків аварії при роботах з тритієм та іншими джерелами іонізуючого випромінювання у приміщеннях I класу робіт з радіоактивними речовинами у відкритому виді».

Аналізуючи зазначені правила, вимоги та плани ліквідації аварійних ситуацій, можна виділити ряд типових потенційних джерел та причин виникнення аварійних ситуацій на підприємствах, що працюють з тритієм.

Основними джерелами потенційної радіаційної аварії на підприємстві, що працює з тритієм, можуть виступити:

1. Апарати, що містять радіоактивний газ-тритій, та пов'язані з ними технологічні операції виділення газу-тритію в комунікації установок.

Можливі аварійні ситуації, пов'язані з роботою цих апаратів, наступні:

а) Розгерметизація апаратів в процесі зберігання або експлуатації.

Наслідками виступатимуть опромінення персоналу та радіоактивне забруднення робочих приміщень та обладнання.

б) Розгерметизація елементів вакуумної системи лабораторного обладнання.

Розгерметизація може виникнути при порушенні технологічної інструкції на виконання роботи і призвести до негативних наслідків з опромінення персоналу і забруднення приміщення.

2. Джерела іонізуючого випромінювання.

Можливі аварійні ситуації з джерелами іонізуючого випромінювання наступні:

а) Руйнування активного шару, що містить тритій.

Причиною такої аварії можуть бути порушення технологічної інструкції насичення або зберігання виробів довше назначеного технічними умовами (ТУ) терміну.

б) Втрата контролю над джерелами іонізуючого випромінювання або їх розкрадання.

Причиною виникнення небезпечної ситуації є порушення умов зберігання, витрачання або обліку, а наслідками може стати неконтрольоване опромінювання персоналу.

в) Використання або зберігання джерел іонізуючого випромінювання з порушенням санітарного законодавства або правил техніки безпеки. Наслідками такої події може стати не лише неконтрольоване опромінювання персоналу, а й окремих осіб, що не відносяться до персоналу підприємства.

При спільності загального характеру заходів щодо ліквідації наслідків аварії їх особливості залежать від масштабів та особливостей розвитку конкретної аварії. Якщо факт аварії встановлено, повинні бути вжиті негайні заходи, передбачені відповідними інструкціями.

Як правило, у разі виникнення аварії, керівництвом підприємства, видається наказ про ліквідацію аварії. В наказі повинні бути визначені:

– склад комісії з ліквідації аварії (голова комісії повинен займати посаду не нижче головного інженера організації);

– загальні заходи щодо виділення необхідної кількості персоналу, обладнання, транспорту, інструменту, будматеріалів, реактивів і т.д.

При проведенні заходів, пов'язаних з ліквідацією радіаційних аварій та їх наслідків, основна мета полягає в тому, щоб в найкоротший час:

- відвернути можливість подальшої дії іонізуючого випромінювання на персонал;
- виявити всі можливі осередки забруднення та уточнити усі можливі шляхи розповсюдження радіоактивного забруднення;
- запобігти розповсюдженню радіоактивних речовин в навколишнє середовище;
- ліквідувати джерело радіаційної небезпеки;
- ліквідувати наслідки радіаційної аварії.

Члени комісії та аварійної групи на період проведення заходів з ліквідації аварії звільняються від виконання інших службових обов'язків.

В обов'язки аварійної групи входить швидке та цілеспрямоване проведення робіт в аварійній зоні відповідно до розробленого плану, затвердженого директором організації та погодженого з органами санітарно-епідеміологічного нагляду та управління внутрішніх справ.

Роботи в зоні аварії проводяться в присутності керівника групи та дозиметриста при наявності технологічної карти та спеціального наряду-допуску.

Основною задачею первинних заходів при ліквідації аварії з джерелом іонізуючого випромінювання, пов'язаної з аварійним радіоактивним забрудненням, є те, щоб в найбільш короткі терміни локалізувати забруднення та попередити подальше розповсюдження радіоактивних речовин і можливе ураження людей.

У випадку встановлення радіаційної аварії службою радіаційного контролю виконуються необхідні заміри радіаційних параметрів, на основі яких робляться необхідні розрахунки та складаються карти прогнозу радіаційних полів та осередків радіоактивного забруднення.

На основі цих даних плануються всі подальші заходи з локалізації аварії та ліквідації її наслідків.

З метою недопущення перелічених аварійних ситуацій проводиться моделювання [2] та прогнозування небезпечних подій з розрахунком можливих наслідків, зокрема, – максимальної концентрації потрапляння тритію в організм людини при аварійному викиді.

2. Розрахунок максимальної приземної концентрації та надходження тритію в організм персоналу категорії Б через органи дихання при аварійному викиді в атмосферу

Для розрахунків максимальної приземної концентрації та надходження тритію в організм персоналу категорії Б обране обладнання підприємства, що працює із сорбційними апаратами СА (для прикладу взято апарат, що містить 10 000 Кі тритію), як найбільш небезпечне джерело ураження у випадку аварії.

При розгерметизації апарату у витяжну трубу може потрапити за час $2,5 \text{ с}$ $3,7 \cdot 10^8$ МБк тритію. Геометрична висота труби корпусу прийнята – 23,0 м.

Для розрахунку використовується залежність між геометричною висотою труби H , параметрами викиду та приземною концентрацією радіоактивної речовини [3]:

$$H = \sqrt{\frac{Gk}{4,25 \cdot V_B C_{\max}}} - h, \quad (1)$$

де: C_{\max} – максимальна приземна концентрація;
 $V_B = 5$ м/с – найбільш ймовірна швидкість вітру на висоті гирла труби;
 h – додатковий підйом струменя повітря у викиді над гирлом труби;
 G – потужність викиду;
 k – поправка, що враховує зміну вітру.
 Величина h розраховується з формули:

$$h = \frac{1,5 V_t R_t}{V_B} \left(2,5 + \frac{3,3 g R_t \Delta T}{T_0 V_B^2} \right),$$

де: $V_t = 4P/(\pi \cdot d^2) = P/(\pi \cdot R_t^2)$ – швидкість викиду у гирлі труби, м/с;
 $P = 0,606$ м³/с – продуктивність системи вентиляції;
 $R_t = 0,14$ м – радіуси труби;
 $g = 9,8$ м/с² – прискорення сили тяжіння;
 T_0 – температура довкілля = 293 К (20°C);
 $\Delta T = 1^\circ\text{C}$ – різниця між температурою повітря T у викиді та довкілля T_0 .
 Тоді швидкість викиду у гирлі труби та додатковий підйом струменя повітря у викиді над гирлом труби складатиме:

$$V_t = \frac{0,606}{3,14 \cdot (0,14)^2} = 9,85 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$$

$$h = \frac{1,5 \cdot 9,85 \cdot 0,14}{5,0} \left(2,5 + \frac{3,3 \cdot 9,8 \cdot 0,14 \cdot 1}{293 \cdot 25} \right) = 1,0 \text{ м}.$$

Поправка на зміну вітру не враховується, бо розглядається дуже малий період часу.

З формули (1) можна отримати:

$$C_{\max} = \frac{Gk}{4,25 \cdot V_B (H + h)^2},$$

а враховуючи, що потужність викиду

$$G = \frac{3,7 \cdot 10^8 \text{ МБк}}{2,5 \text{ с}} = 1,48 \cdot 10^8 \frac{\text{МБк}}{\text{с}},$$

максимальна приземна концентрація для досліджуваного викиду складатиме:

$$C_{\max} = \frac{1,48 \cdot 10^8}{4,25 \cdot 5,0 \cdot (23 + 1)^2} = 1,21 \cdot 10^4 \frac{\text{МБк}}{\text{м}^3}.$$

Згідно з НРБУ-97 [4] допустимий рівень річного надходження тритію-газу в організм через органи дихання складає

$$\text{ДН}_B^{\text{inhal}} = 1/10 \cdot \text{ДН}_A^{\text{inhal}} = 6 \cdot 10^5 \text{ МБк/рік}.$$

Об'єм повітря, який вдихне персонал категорії Б за час аварійного викиду у екстремальному випадку важкого фізичного навантаження, дорівнюватиме:

$$V = 3 \text{ м}^3 \cdot \text{година}^{-1} \cdot 2,5 \text{ с} / (3600 \text{ с} \cdot \text{година}^{-1}) = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

У свою чергу, кількість тритію, що надійде в організм людини, якщо вона буде знаходитись в точці з максимальною концентрацією, буде дорівнювати:

$$A = 2,0 \cdot 10^{-3} \cdot 1,21 \cdot 10^4 = 24,2 \text{ МБк}.$$

Це в $n = 6 \cdot 10^5 / 24,2 = 2,5 \cdot 10^4$ разів менше, ніж допустимий рівень річного надходження тритію-газу в організм через органи дихання, або не перевищить $5 \cdot 10^{-5}$ допустимого рівня річного надходження тритію-газу в організм через органи дихання.

Як правило, персонал підприємства, що працює з тритієм, знає про неперевіщення встановлених санітарних норм та допустимої концентрації, а також про те, що небезпеку складає накопичення тритію в організмі людини. У разі, якщо керівник підприємства, що працює з тритієм, не буде детально планувати заходи, які запобігатимуть викидам техногенного тритію, то можуть виникнути не лише аварійні ситуації з понаднормовими викидами тритію в навколишнє середовище, а й неконтрольовані технологічні викиди, які сприятимуть накопиченню тритію в екосистемі навколо підприємства та її забрудненню.

Враховуючи, що людський фактор є основною причиною техногенних аварій [5], запобігання виникненню аварійних ситуацій на небезпечних об'єктах, що працюють з тритієм, можна реалізувати через побудову моделі управління персоналом. Така модель повинна передбачати всі можливі наслідки при постановці завдання персоналу з врахуванням часу на виконання завдання, необхідних ресурсів, наявності та знання регламенту, інструкцій та правил безпеки, а також оперативності втручання керівника у разі виникнення поточних питань в процесі процедурного циклу виконання завдання.

3. Модель управління персоналом з метою недопущення аварійних ситуацій на підприємстві, що працює з тритієм

Модель діяльності кожного працівника небезпечного об'єкта, що працює з тритієм, можна розглядати як окремий цілісний елемент в управлінні організацією (підрозділом, відділом, лабораторією). Кожен працівник на своєму робочому місці виконує ряд функцій:

- реалізує завдання згідно з посадовою інструкцією у відповідності до циклу управління об'єктом на конкретний момент часу;
- створює та підтримує комунікації, тобто реалізує обмін інформацією з іншими особами на робочих місцях на об'єкті;
- особисто перетворює частину інформації для подальшого використання як особисто, так і іншими працівниками.

Для недопущення аварійних ситуацій на небезпечному об'єкті персонал використовує інформацію, яка дає можливість спланувати та реалізувати свої дії таким чином, щоб виконати поставлене завдання, не порушуючи регламенту роботи. Тобто для реалізації своєї функції в процесі виконання поточного завдання (f) працівник може користуватися частиною ресурсів об'єкта (x), що виділені йому для виконання роботи, повинен реалізовувати типові процедури встановленого регламенту роботи (y), має повноваження на

використання типових рішень (повноважень) для реалізації завдання, яке поставлене до виконання, тобто: $(z) - f(x, y, z)$. Зазначене є процедурою циклу управління загальної моделі управління будь-якого складного об'єкта, зокрема – небезпечного підприємства, що працює з тритієм.

При побудові моделі поведінки персоналу з метою недопущення виникнення аварійних ситуацій на небезпечному об'єкті слід враховувати те, що інформація може зберігатися протягом будь-якого часу, проте вона перестає бути актуальною на конкретний момент часу через відповідні зміни та удосконалення. З метою забезпечення актуалізації інформації в моделі, слід використовувати уніфіковані операції на різних процедурних циклах (рис. 1). Такими уніфікованими операціями в циклі управління виступає регламент, різноманітні інструкції, правила безпеки тощо.



Рисунок 1 – Операції процедурного циклу

Стрілками на рис. 1 позначено напрямок послідовної реалізації процедур з виконання поставленого завдання. Пунктами 1–4 позначені процедури, якими керівник трансформує завдання в дію в межах своїх повноважень. Пунктами 5 і 8 позначені процедури забезпечення зворотного зв'язку для аналізу результату дій та корекції подальших керівних стимулів. Пункти 6–7 – аналітична функція керівника із забезпечення безпеки на об'єкті при виконанні завдання.

Аналіз лише однієї операції процедурного циклу свідчить про те, що постійної уваги потребує контроль за дотриманням безпеки та балансом часу при виконанні завдання. Звідси впливає потреба персоналу у виконанні операції розрахунку часового балансу. Людина повинна постійно утримувати увагу на тому, щоб не перевищити відведений час на здійснення своїх функцій, тому що несвоєчасне прийняття рішення зупиняє процес управління. Для керівників будь-якого рівня управління такий балансовий розрахунок часу потрібен і особисто для себе, і для своїх підлеглих як на масштабі виконання окремого завдання, так і на масштабі циклу управління довгостроковими програмами. Ця задача розрахунку часу є необхідною за всіма видами ресурсів з метою планування відновлення ресурсів та

неприпущення виникнення кризової (аварійної) ситуації в процесі виконання завдання через нестаток якогось із видів ресурсів.

За відсутності кризової ситуації небезпечний об'єкт функціонує за проектними технологіями, де персонал об'єкта виконує рішення керівника з штатного набору повноважень за посадою. В умовах кризи наявна відсутність якогось ресурсу або декількох видів ресурсів, які б дозволили перевести об'єкт в докризовий стан функціонування. Тобто, небезпечний об'єкт управління розглядається вже не як об'єкт, що функціонує для виконання поставленого завдання з певними процедурними циклами (рис. 1), а як сукупність певних процедур з оперування наявними ресурсами у обмежений період часу, які необхідно виконати для виправлення ситуації або для евакуації персоналу і початку процесу ліквідації наслідків аварії, що можна представити у вигляді «дерева подій» (рис. 2).

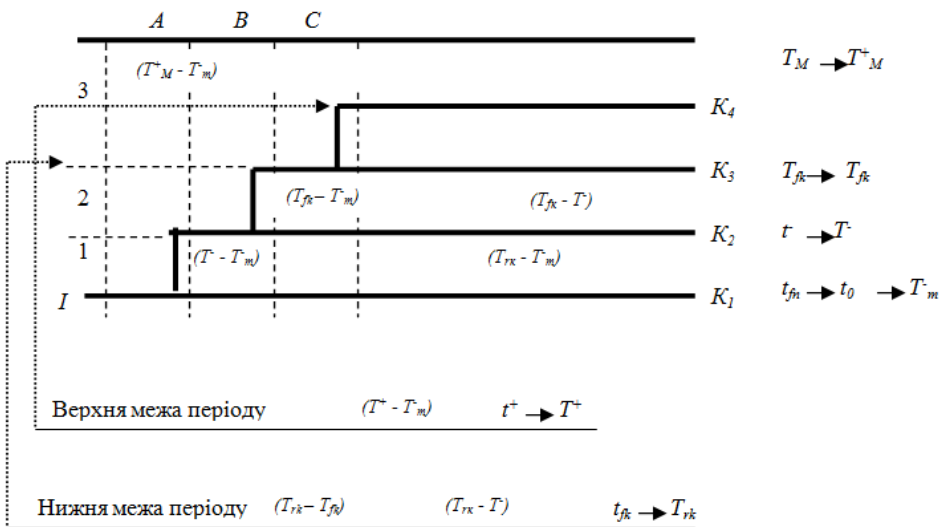


Рисунок 2 – «Дерево подій» для аварії на небезпечному об'єкті

На рис. 2 застосовані наступні визначення: I – вихідна подія; A, B, C – задіяння систем безпеки, виконання заходів щодо недопущення розвитку ситуації персоналом; $\bar{A}, \bar{B}, \bar{C}$ – відмови систем безпеки, неможливість персоналом самостійно виконати процедури із зупинення небезпечного процесу; K_1, K_2, K_3, K_4 – кінцеві події; t_0 – момент отримання інформації про виникнення небезпечної події; t^- – момент закінчення процедури формування рішення за умови, що тривалість цієї процедури T^- ; t^+ – момент завершення процедури формування рішення за умови, що тривалість цієї процедури T^+ ; t_{rk} – момент реалізації рішення для k -ситуації; t_{jn} – момент початку формування рішення для k -ситуації; t_{jk} – момент закінчення формування рішення для k -ситуації; T^- – мінімально можлива довжина періоду формування рішення для заданої множини ситуацій; T^+ – максимально можлива довжина періоду формування рішення для заданої множини ситуацій; T_{rk} – довжина періоду від моменту початку формування рішення до моменту його реалізації для конкретної k -ситуації; T^+_M – максимально можлива для заданої множини

ситуацій довжина періоду від моменту початку формування рішення до моменту його реалізації, тобто, T^+_M – максимум T_{rk} на множині ситуацій; T^-_m – мінімально можлива для заданої множини ситуацій довжина періоду від моменту початку формування рішення до моменту його реалізації, тобто, T^-_m – мінімум T_{rk} на множині ситуацій; T_{jk} – довжина періоду від моменту початку формування рішення k -ситуації до моменту його закінчення [6].

Окрім того, область 1 відповідає несвоечасності інформованості керівника небезпечного об'єкта і розвитку аварійної ситуації в катастрофічну, область 2 є областю ризикованої своєчасності, а область 3 є областю гарантованої своєчасності інформованості, коли наявна інформація про стан роботи в межах регламенту або аварійних подій, які визначені регламентом, інструкціями та правилами безпеки як типові.

Враховуючи все викладене, модель поведінки персоналу з метою недопущення аварійних ситуацій на небезпечному об'єкті за [7] може бути представлена у вигляді комплексу процедур управління (табл. 1).

Таблиця 1 – Комплекс процедур управління персоналом з метою недопущення аварійних ситуацій на небезпечному об'єкті

Порядок виконання	Процедура управління	Математичне представлення
1.	Постановка завдання	
1.1.	Підготовка і організація дій	$(t_1+t_2+\dots+t_n) \leq \Delta t$
1.2.	Час на виконання	$T = t+\Delta t$
1.3.	Оптимальний розподіл часу для виконання згідно з регламентом, інструкціями і забезпеченням належної безпеки виконання	$(t_1+t_2+\dots+t_n) \rightarrow opt$
2.	Аналіз ресурсів	
2.1.	Мета використання ресурсів (F); Ресурси (x); Регламент, інструкції, правила (y); Повноваження для реалізації завдання (z); Часові обмеження ($t+\Delta t$)	$F = f(x,y,z, t+\Delta t)$
2.2.	Результат виконання	$\{F''(x,y,z,t)\}$
3.	Оцінка безпеки з огляду наявності всіх ресурсів протягом всього періоду виконання завдання	$X(t); Y(t); Z(t) \rightarrow opt$
4.	Реалізація завдання:	
4.1.	– отримання результату;	$F(x,y,z,)=F_1+ F_2+\dots+F_i+\dots+F_k$
4.2.	– використання ресурсів;	$F(x\pm\Delta x; y\pm\Delta t; z\pm\Delta z; t+\Delta t) = F_1+ F_2+\dots+F_i+\dots+F_k$
4.3.	– безпека	$\{F''(x,y,z,t)\} \rightarrow opt$
5.	Результат	$\{F'''(x,y,z,t)\}$
6.	Інформування:	
6.1.	– про реалізацію завдання	$\{F''(x,y,z,t)\}=\{F'''(x,y,z,t)\}$
6.2.	– про витрати ресурсів	$(x,y,z, t+\Delta t)''=(x,y,z, t+\Delta t)'''$
6.3.	– про безпеку	$\{F''(x,y,z,t)\} = \{F'''(x,y,z,t)\} \rightarrow opt$

Мотивація персоналу є вирішальним фактором реалізації процедур управління, особливо в кризових ситуаціях, коли немає формалізованих варіантів рішень. Мотивація вважається достатньою, якщо в рішенні керівника на виконання дії визначено: мету та окремі завдання за аспектами складної дії, типи, види та кількість ресурсів, необхідних для роботи, технологію виконання завдання, регламент, правила безпечного виконання поставленого завдання.

Таким чином, для побудови моделі поведінки персоналу задля успішного виконання завдання з дотриманням вимог до забезпечення безпеки на небезпечному об'єкті, керівник повинен чітко визначити:

– мету $F = f(x, y, z, t + \Delta t)$ з її етапами реалізації (алгоритм виконання завдання) $F(x, y, z) = F_1 + F_2 + \dots + F_i + \dots + F_k$;

– кількість і структуру ресурсів, що необхідні для успішного і безпечного виконання завдання ($x = x_1 + x_2 + \dots + x_i + \dots + x_k$);

– кваліфікацію, досвід та повноваження кожної особи, що прийматиме участь у виконанні завдання ($z = z_1 + z_2 + \dots + z_i + \dots + z_k$);

– норми регламенту, правила і інструкції за якими виконуватиметься завдання, з акцентуванням на безпеку виконання ($y = y_1 + y_2 + \dots + y_i + \dots + y_k$);

– обмеження у часі виконання завдання з врахуванням дотримання правил безпеки ($t + \Delta t$).

Слід зазначити, що перелічені чинники є необхідними не лише для реалізації завдань за умов штатного функціонування системи, а й для роботи за умов кризового управління [8]. Кризове управління екстреною реорганізацією ресурсів задіюється з метою ліквідації кризи. У цьому випадку змінюються акценти використання ресурсів – від виконання виробничого завдання до повернення об'єкта управління до штатних умов роботи.

Висновки

Представлена модель управління персоналом з метою недопущення аварійних ситуацій на підприємстві, що працює з тритієм, є базовою. Персонал у цій моделі виступає не лише як основний виконавець робіт, а й як чинник створення аварійної ситуації. За умов, якщо виробниче завдання поставлене без чітко визначеної мети, вимог до кваліфікації виконавців, з недотриманням регламентних процедур, норм і правил безпеки з урахуванням періоду часу на виконання завдання, персонал підприємства може виступити опосередковано причиною забруднення території.

З розрахунків, пов'язаних з можливим впливом аварії на персонал підприємств, що працюють з тритієм, а саме з можливих надходжень тритію в організм через органи дихання в результаті розгерметизації апарату, що містить максимальну кількість тритію, протягом періоду часу у 2,5 с і його викиду через трубу розсіювання, видно, що це надходження не перевищить $1,2 \cdot 10^{-5}$ допустимого рівня річного надходження тритію в організм через органи дихання. У разі, якщо персонал недостатньо чітко розуміє завдання та невмотивований до виконання норм безпеки, це може призвести до накопичення небезпечних радіонуклідів у довкіллі. З урахуванням особливостей тритію, зокрема – реакції ізотопного обміну з водою та

рослинами, відбудеться поступова міграція тритію на значну відстань від місця викиду і накопичення.

Представлена модель операцій процедурного циклу та комплекс процедур управління персоналом з метою недопущення аварійних ситуацій на небезпечному об'єкті можуть бути реалізовані у вигляді комп'ютерної програми, що дозволить автоматизувати процес розробки виробничого завдання з моделюванням можливих наслідків у разі недотримання вимог регламенту, норм і правил безпеки, недостатності різних видів ресурсів на деякому часовому проміжку.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Радіаційні та ядерні технології в Інституті ядерних досліджень НАН України : монографія / І.М. Вишневський, Г.П. Гайдар, О.В. Коваленко та ін.; НАН України, Ін-т ядерних досліджень. – К.: Ін-т ядерних досліджень, 2014. – 176 с.
2. Коваленко О.В. Моделювання міграції тритію в навколишньому середовищі / О.В. Коваленко // Математичне моделювання в економіці. – 2015. - №2. – С. 51–64.
3. Крупчатников Б.М. Вентиляция при работе с радиоактивными веществами. М., Атомиздат, 1973. – 304 с.
4. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97) / МОЗ України. – К., 1997. – 122 с.
5. Кряжич О.О., Кременовська І.В. Системне моделювання ризику настання економічних і соціальних наслідків на техногенно навантажених територіях України / Ольга Олександрівна Кряжич, Ірина Володимирівна Кременовська // Екологічна безпека та природокористування: Зб. наук. праць / М-во освіти і науки України, Київ. нац. Ун-т буд-ва і архіт., НАН України, Ін-т телекомунікацій і глобал. інформ. простору; редкол. О.С. Волошкіна, О.М. Трофимчук (голов. ред.) [та ін.]. – К., 2014. – Вип. 16. – С. 171–183.
6. Кряжич О.О. Моделі для створення інформаційних технологій з виконання функцій і задач управління імпульсним вибухопожежним захистом // Екологічна безпека та природокористування, Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАНУ. – 2012.– №11. – С. 163–173.
7. Кряжич О.О. Вирішення оптимізаційних задач при обґрунтуванні проєктів ППР за методикою DOTMLPF / О.О. Кряжич // Математичні машини і системи. – 2014. – №2. – С. 43–50.
8. 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 30.01.2016

УДК 330.34

М.Я. КВИК, Г.Г. ЦЕГЕЛИК, Л.П. ДОБУЛЯК

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ПОСЛІДОВНИХ ПОСТУПОК ДЛЯ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧІ ПІДВИЩЕННЯ РЕНТАБЕЛЬНОСТІ ВИРОБНИЦТВА МАЛОГО ПІДПРИЄМСТВА

***Анотація.** Запропоновано використання методу послідовних поступок для розв'язування задачі підвищення рентабельності виробництва. Наводиться алгоритм розв'язування задачі в загальному випадку і його використання для розв'язання конкретного прикладу.*

***Ключові слова:** оптимізаційна модель, метод послідовних поступок, мале підприємство.*

Вступ

Для будь-якого підприємства, зокрема малого, створення раціональної структури управління є складним завданням, оскільки управління повинно здійснюватися з урахуванням правових, організаційних, економічних, екологічних, соціальних, психологічних, наукових, технічних, технологічних факторів тощо. Завдання вибору найкращих рішень, зазвичай, здійснювалося за допомогою єдиної числової функції – критерію оптимальності. Кращим є рішення, що забезпечує максимум (або мінімум) обраного критерію. У більшості випадків якість рішень характеризується не одним, а багатьма непорівняльними критеріями. Тому доводиться приймати рішення, ґрунтуючись не на одному, а на багатьох критеріях. Для цього керівникові необхідно опанувати загальнотеоретичні і загальнометодологічні питання аналізу ситуацій та самостійного прийняття рішень. Достатньо ефективним засобом компактного, структурованого і наочного відображення ситуації чи проблеми, що досліджується, є проникнення математичних розрахунків в економічні науки. Результати, отримані внаслідок розв'язання математичної задачі, дадуть змогу виробити оптимальні рекомендації стосовно тих чи інших дій [1].

1. Аналіз останніх досліджень та публікацій

Математичні підходи до економіко-математичного моделювання підтримки прийняття рішень в управлінні малим підприємством формуються під впливом наукових праць вітчизняних і зарубіжних учених, серед яких В. Віплінський, В. Вовк, В. Єлейко, О. Піскунова, Л. Сергєєва, В. Ситник, Г. Цегелик [2] тощо.

Особливої уваги заслуговують питання застосування і поглибленого дослідження оптимізаційних методів та моделей для вирішення цілого комплексу задач управління діяльністю малого підприємства. Зокрема, з огляду на те, що фінанси, устаткування, сировину й робочу силу можна уявити ресурсами, то значну кількість задач в економіці можна розглядати як задачі виробничого планування. Зазначимо, що ефективно управління усіма

можливими ресурсами, а також раціональне використання витрат дозволить підприємству одержати бажаний рівень прибутковості.

Метою даного дослідження є використання методу послідовних поступок для розв'язування задачі підвищення рентабельності виробництва малого підприємства.

2. Виклад основного матеріалу дослідження

Основною задачею підприємства-виробника є раціональне планування випуску продукції заради отримання максимального прибутку. З огляду на це, нами запропоновано двокритеріальну оптимізаційну модель, яка дає змогу скласти план випуску продукції таким чином, щоб максимально використати наявні ресурси і в той же час забезпечити максимальний прибуток і одночасний випуск продукції з мінімальними затратами. Для розв'язання цієї задачі з двома цільовими функціями і лінійними обмеженнями застосовано ідею методу послідовних поступок, яка полягає у відшуканні компромісного розв'язку, який забезпечує певний прибуток з невеликими затратами.

Для виробництва продукції (товарів) використовуються різні ресурси (сировина, знаряддя, праця тощо). Відомо, скільки одиниць кожного ресурсу використовується для виробництва одиниці кожної продукції, запас кожного ресурсу, затрати (в грошах) на виготовлення одиниці кожної продукції, а також прибуток від реалізації одиниці кожної продукції. Задача полягає в такому складанні плану виробництва продукції, за якого при використанні наявних ресурсів рентабельність виробництва була б найбільшою.

Для складання математичної моделі задачі введемо такі позначення:

R – рентабельність виробництва;

m – кількість ресурсів, що використовуються у виробництві;

n – кількість видів різної продукції, яку можна виготовляти з наявних ресурсів;

a_{ij} – кількість одиниць i -го ресурсу, що використовується для виробництва одиниці j -ї продукції;

b_i – кількість одиниць i -го ресурсу, що можна використати у виробництві продукції;

p_j – прибуток від реалізації одиниці j -ї продукції;

c_j – затрати на виготовлення одиниці j -ї продукції;

x_j – кількість одиниць j -ї продукції, що планується виготовити (шукані величини).

Тоді математична модель задачі матиме вигляд:

$$R = \frac{\sum_{j=1}^n p_j x_j}{\sum_{j=1}^n c_j x_j} \rightarrow \max \quad (1)$$

за умов

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j \leq b_i, \quad i=1,2,\dots,m; \quad (2)$$

$$x_j \geq 0, \quad j=1,2,\dots,n. \quad (3)$$

Модель (1)–(3) еквівалентна такій двокритеріальній моделі:

$$P = \sum_{j=1}^n p_j x_j \rightarrow \max, \quad (4)$$

$$C = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \min \quad (5)$$

за умов

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j \leq b_i, \quad i=1,2,\dots,m, \quad (6)$$

$$x_j \geq 0, \quad j=1,2,\dots,n. \quad (7)$$

Зрозуміло, що одночасно забезпечити максимальний прибуток і мінімальні затрати у виробництві неможливо. Тому для розв'язування задачі використаємо ідею методу послідовних поступок [1], відшукуючи компромісний розв'язок, який забезпечує певний прибуток з невеликими затратами.

Позначимо через M множину допустимих розв'язків задачі (4)–(7), тобто множину точок $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, що задовольняють умовам (6)–(7). Тоді алгоритм методу послідовних поступок для розв'язування задачі (4)–(7) полягає в наступному.

Спочатку розв'язуємо однокритеріальну модель

$$P = \sum_{j=1}^n p_j x_j \rightarrow \max \quad (8)$$

за умови

$$X \in M. \quad (9)$$

Нехай $X_1 = (x_1^{(1)}, x_2^{(1)}, \dots, x_n^{(1)})$ – оптимальний розв'язок цієї моделі. Тоді обчислюємо прибуток $P(X_1)$ і затрати $C(X_1)$. Якщо затрати задовольняють виробника, то X_1 приймається за компромісний розв'язок моделі (4)–(7). В протилежному випадку виробник визначає величину поступки ΔP_1 , на яку він може погодитись з метою зменшення затрат, і визначає "уточнену" допустиму множину розв'язків M_1 , де

$$M_1 = \left\{ X \in M \left| \sum_{j=1}^n p_j x_j \geq \sum_{j=1}^n p_j x_j^{(1)} - \Delta P_1 \right. \right\}. \quad (10)$$

Після цього розв'язуємо модель

$$C = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \min \quad (11)$$

за умови

$$X \in M_1. \quad (12)$$

Нехай $X_2 = (x_1^{(2)}, x_2^{(2)}, \dots, x_n^{(2)})$ – розв’язок цієї моделі, тоді обчислюємо $C(X_2)$. Якщо затрати $C(X_2)$ задовольняють виробника, то X_2 приймається за компромісний розв’язок моделі (4)–(7). В протилежному випадку виробник визначає величину наступної поступки ΔP_2 , на яку він може погодитись з метою зменшення затрат, і визначає ”уточнену” допустиму множину розв’язків M_2 , де

$$M_2 = \left\{ X \in M \mid \sum_{j=1}^n p_j x_j \geq \sum_{j=1}^n p_j x_j^{(2)} - \Delta P_2 \right\}. \quad (13)$$

Після цього розв’язуємо модель

$$C = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \min \quad (14)$$

за умови

$$X \in M_2. \quad (15)$$

Процес розв’язування однокритеріальних задач продовжується доти, доки знайдений компромісний розв’язок не буде задовольняти виробника.

Очевидно, задача матиме розв’язок у випадку, коли із зменшенням прибутку зменшуються затрати на виготовлення продукції.

Для розв’язання однокритеріальних задач можна використати симплексний метод [3].

3. Приклад реалізації

Клієнти готельно-ресторанного бізнесу замовили у виробника ТзОВ «Дивосвіт» халати жіночі двох видів (продукцію №1 (x_1) та продукцію №2 (x_2)). Для виготовлення халатів використовуються ресурси: велюр (сировина 1) та шовк (сировина 2). Відомо, скільки одиниць (y м²) кожного ресурсу використовується для виготовлення одиниці продукції кожного виду, прибуток від продажу одиниці продукції кожного виду (y грн) та затрати на виготовлення одиниці продукції кожного виду (y грн). Дані наведені у табл. 1. Підприємству необхідно скласти план виробництва продукції, за якого при використанні наявних ресурсів рентабельність виробництва була б найбільшою (забезпечується максимальний прибуток та мінімальні витрати).

Таблиця 1 – Вхідні дані до задачі

Види сировини	Види продукції		Запас сировини
	Продукція №1	Продукція №2	
Сировина 1	2	4	16
Сировина 2	4	3	24
Прибуток	3	3	
Затрати	3	2	

Джерело: побудовано автором

Модель задачі матиме вигляд:

$$P = 3x_1 + 3x_2 \rightarrow \max,$$

$$C = 3x_1 + 2x_2 \rightarrow \min,$$

за умов

$$\begin{cases} 2x_1 + 4x_2 \leq 16, \\ 4x_1 + 3x_2 \leq 24, \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0. \end{cases}$$

Розв'яжемо задачу методом послідовних поступок. Спочатку знаходимо розв'язок однокритеріальної задачі

$$P = 3x_1 + 3x_2 \rightarrow \max,$$

за умов

$$\begin{cases} 2x_1 + 4x_2 \leq 16, \\ 4x_1 + 3x_2 \leq 24, \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0. \end{cases}$$

На рис. 1 відкладена множина допустимих розв'язків задачі (заштрихована область) і вектор $N_1(3,3)$.

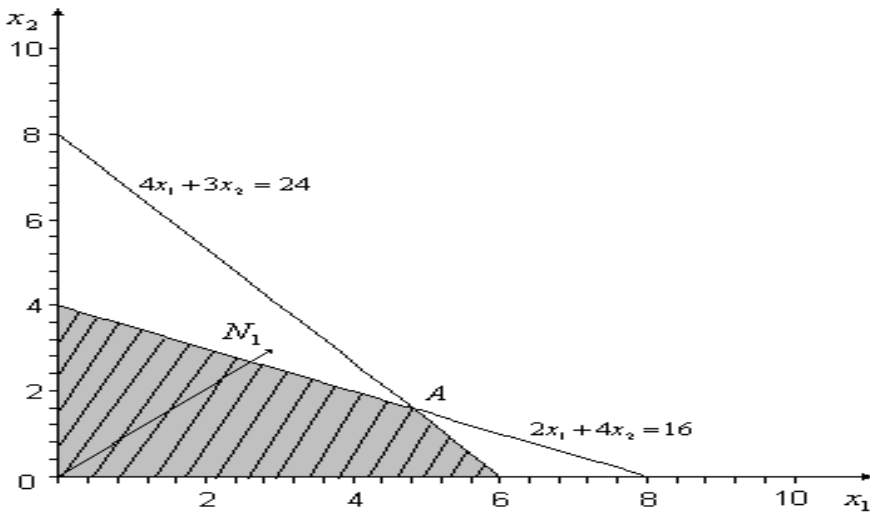


Рисунок 1 – Множина допустимих розв'язків

Джерело: побудовано автором

Із рис. 1 бачимо, що $\max P = 19,2$ і досягається в точці $A(4,8;1,6)$. При цьому в точці A затрати $C = 17,6$. Припустимо, що розв'язок $x_1 = 4,8, x_2 = 1,6$ нас не задовольняє. Зробимо поступку $\Delta P_1 = 4,2$ з метою зменшення затрат. Після цього розв'яжемо задачу (додаткове обмеження $3x_1 + 3x_2 \geq 19,2 - 4,2$ або $x_1 + x_2 \geq 5$)

$$C = 3x_1 + 2x_2 \rightarrow \min,$$

за умов

$$\begin{cases} 2x_1 + 4x_2 \leq 16, \\ 4x_1 + 3x_2 \leq 24, \\ x_1 + x_2 \geq 5, \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0. \end{cases}$$

На рис. 2 відкладена множина допустимих розв'язків одержаної задачі (заштрихована область) і вектор $N_2(3,2)$.

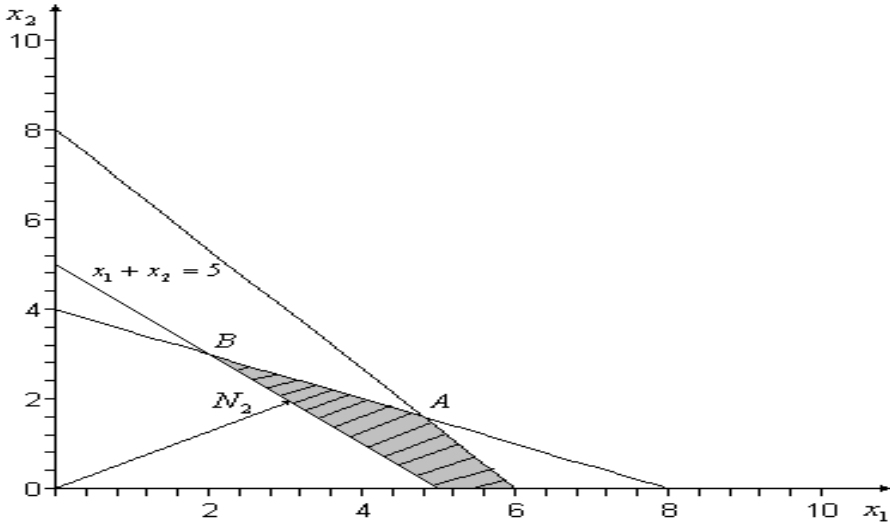


Рисунок 2 – Множина допустимих розв'язків

Джерело: побудовано автором

Із рис. 2 бачимо, що $\min C = 12$ і досягається в точці $B(2;3)$. При цьому в точці B прибуток $P = 15$.

Отже, зменшивши прибуток на 4,2 одиниці, затрати зменшаться на 5,6 одиниць. Вважаємо, що розв'язок $x_1 = 2, x_2 = 3$ нас задовольняє.

Таким чином, підприємству для одночасного досягнення максимального прибутку випуску продукції з мінімальними витратами доцільно виготовити дві одиниці продукції №1 і три одиниці продукції №2.

P.S. Якщо зробити ще одну поступку $\Delta P_2 = 1$ і розв'язати задачу

$$C = 3x_1 + 2x_2 \rightarrow \min,$$

за умов

$$\begin{cases} 2x_1 + 4x_2 \leq 16, \\ 4x_1 + 3x_2 \leq 24, \\ 3x_1 + 3x_2 \geq 14, \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, \end{cases}$$

то отримаємо розв'язок $x_1 = \frac{4}{3}$, $x_2 = \frac{10}{3}$. При цьому $C = 10\frac{2}{3}$, $P = 14$.

Якщо розглянути задачу з кількістю змінних більшою за дві, то для розв'язування задач треба використовувати симплексний метод.

Висновки

Вперше пропонується використання методу послідовних поступок для розв'язування задачі підвищення рентабельності виробництва. За критерії оптимальності прийнято максимальний прибуток від реалізації продукції та мінімальні затрати на виробництво продукції. Наводиться алгоритм розв'язування задачі в загальному випадку і його використання для розв'язання конкретного прикладу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Волошин О.Ф. Моделі та методи прийняття рішень: навч. посібник / О.Ф. Волошин, С.О. Мащенко. – К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2010. – 336 с.
2. Квик М.Я. Математичні методи і моделі підтримки прийняття рішень в управлінні малими підприємствами: автореферат канд. екон. наук, спец.: 08.00.11 – математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці / М.Я. Квик. – Черкаси: Східноєвропейський університет економіки та менеджменту, 2015. – 20 с.
3. Цегелик Г.Г. Математичне програмування: навч. посібник / Г.Г. Цегелик. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2011. – 338 с.

Стаття надійшла до редакції 12.02.2016

АНАЛІЗ, ОЦІНКА ТА ПРОГНОЗУВАННЯ В ЕКОНОМІЦІ

УДК 004.942

Д.В. СТЕФАНИШИН, К.Г. РОМАНЧУК

КІЛЬКІСНА ОЦІНКА РИЗИКІВ ЗБИТКІВ ВІД АВАРІЙ НА ПОТЕНЦІЙНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТАХ

***Анотація.** Розглянуто задачу кількісної оцінки ризиків збитків від аварій на потенційно небезпечних об'єктах з врахуванням можливості розвитку аварій за різними сценаріями. Задача вирішується в рамках сценарного підходу з використанням байєсівського перетворення ймовірностей аварійних подій.*

***Ключові слова:** аварія, байєсівське перетворення ймовірностей, модельний сценарій, повна група подій, потенційно небезпечний об'єкт, ризик збитків, сценарний підхід.*

Вступ

Більшість з об'єктів критичної інфраструктури України, які в значній мірі визначають стан і перспективи її соціально-економічного розвитку, відносяться до потенційно небезпечних об'єктів (ПНО). Це надзвичайно вартісні, відповідальні та складні за системною організацією інженерні об'єкти, які використовуються в різних галузях народного господарства, зокрема в енергетиці, комунальному і технічному водопостачанні, транспорті. Наприклад, важко переоцінити роль гідро- і гідроакumuлюючих електростанцій (ГЕС, ГАЕС) в забезпеченні енергетичної незалежності України, зважаючи на наявний дефіцит енергетичних ресурсів в країні загалом і маневрених зокрема. В об'єднаній енергетичній системі України ГЕС і ГАЕС на Дніпрі і Дністрі є практично єдиним аварійним резервом, який забезпечує електроенергетичну безпеку держави [1]. Водночас напірні гідроспоруди в їх складі – це ПНО, аварії на яких можуть загрожувати життю і здоров'ю людей, приносити масштабні екологічні втрати та економічні збитки [2].

Враховуючи значний аварійний потенціал ГЕС і ГАЕС, атомних і теплових електростанцій (АЕС, ТЕС), хімічних підприємств, газо- і нафтогонів тощо, проблемам їх екологічної, соціальної і економічної безпеки, аналізу й оцінки ризиків їх будівництва і експлуатації в усьому світі приділяють значну увагу [2–7]. Відповідні дослідження ведуться і в Україні, в тому числі і в рамках ризик-орієнтованого напрямку у сфері техногенної

безпеки, що набув особливої популярності в останній час і знайшов своє відображення в роботах В.В. Бегуна, А.Б. Качинського, Г.В. Лисиченко, Н.Д. Панкратової, в роботах інших авторів [8–13] та в наших публікаціях [14–17]. Втім, головною проблемою цього напрямку досліджень, як показує аналіз численних публікацій на заявлену тему, залишається проблема адекватної кількісної оцінки ризиків збитків від техногенних аварій на індивідуальних ПНО, з врахуванням особливостей їх виникнення і перебігу.

Основною метою цієї статті є презентація сценарного підходу до аналізу і оцінки ризиків збитків від аварій на ПНО, який в поєднанні з байєсівським підходом до перетворення ймовірностей аварійних подій дозволяє формалізувати задачу кількісного оцінювання ризиків збитків з врахуванням можливості виникнення техногенної аварії з довільних причин та її розвитку за різними сценаріями. Необхідність такого підходу обумовлюється тим, що, як показує практика, техногенні аварії мають складний системний характер і можуть виникати і розвиватися за різними сценаріями [3, 14] навіть у випадках, коли висхідні причини, обладнання, конструкції й споруди, режими експлуатації ПНО тощо були схожими.

1. Загальна постановка задачі

Сценарієм A_i можливої аварії A на ПНО назвемо деяку ідеалізовану аварійну подію-припущення, несумісну з іншими визначеними відповідним чином в якості модельних сценаріїв ймовірної аварії A ідеалізованими аварійними подіями-припущеннями, що формують повну групу подій:

$$P(A_i) = P(A_i | A) \cdot P(A), \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^n P(A_i) = P(A), \sum_{i=1}^n P(A | A_i) = 1; (A | A_i) \wedge (A | A_k) = \emptyset; i \neq k; i, k = \overline{1, n}, \quad (2)$$

$$P(A_i | A) = \frac{P(A | A_i) \cdot P(A_i)}{\sum_{i=1}^n P(A | A_i) \cdot P(A_i)}, \quad (3)$$

де $P(A_i)$ – повна (апостеріорна) ймовірність реалізації сценарію A_i за умови, що аварія A відбувається; $P(A_i | A)$ – умовна (байєсівська) ймовірність аварії A за сценарієм A_i ; $P(A)$ – повна ймовірність виникнення аварії A ; $P(A | A_i)$ – умовна ймовірність аварії A за умови реалізації сценарію A_i .

Повний (сумарний, узагальнений за різними сценаріями) ризик збитків $R(D, A)$ від аварії A з врахуванням різних сценаріїв її реалізації $A_i \in A$, $i = \overline{1, n}$, визначатимемо як [18]:

$$R(D, A) = \sum_{i=1}^n P(A_i) \cdot D(A_i), \quad (4)$$

де $P(A_i)$ – ймовірність реалізації сценарію A_i за умови, що аварія A відбувається; $D(A_i)$ – збиток, якщо аварія A відбувається за сценарієм A_i .

2. Оцінка ймовірності реалізації модельного сценарію аварії

Нехай аварія на ПНО може виникнути з будь-якої з можливих довільних подій-причин $E_j \in \mathbf{E}$, $j = \overline{1, m}$, і відбуватиметься як подія-наслідок у вигляді однієї з можливих форм $F_i \in \mathbf{F}$, $i = \overline{1, n}$ (наприклад, як руйнування затвору на бетонній водозливній греблі, руйнування земляної греблі внаслідок переливу води через гребінь, вибух, пожежа тощо).

Ймовірності $P(F_i)$ подій-наслідків $F_i \in \mathbf{F}$, $i = \overline{1, n}$, та ймовірність $P(A)$ аварії A на ПНО, в залежності від його системної організації, особливостей споруд і конструкцій, функціонування обладнання тощо, в загальному випадку як складної природно-технічної системи \mathbf{S} , можна визначити за допомогою відповідних структурних функцій надійності (безпеки) [2, 4, 7, 14–17]:

$$\Psi(\mathbf{S} | F_i) : \mathbf{E} \rightarrow F_i, i = \overline{1, n}; \quad \Psi(\mathbf{S}) : \mathbf{E} \rightarrow A. \quad (5)$$

Оскільки для кожного з модельних сценаріїв аварії A_i , $i = \overline{1, n}$, згідно з однією з фундаментальних теорем теорії ймовірностей [19], можна записати:

$$P(A | A_i) \cdot P(A_i) = P(A_i | A) \cdot P(A), \quad (6)$$

то, якщо визначити ймовірність $P(A | A_i)$ як «вагу» збитку, пов'язаного з реалізацією форми аварії F_i , за його ймовірністю $P(F_i)$:

$$P(A | A_i) = \frac{P(F_i)}{\sum_{i=1}^n P(F_i)}, \quad (7)$$

та порівнявши в формулах (3) і (6) ймовірність $P(A_i)$ до $P(F_i)$, маємо ймовірність реалізації модельного сценарію A_i аварії A :

$$P(A_i) = \frac{P^2(F_i) / \sum_{i=1}^n P(F_i)}{\sum_{i=1}^n \left(P^2(F_i) / \sum_{i=1}^n P(F_i) \right)} \cdot P(A). \quad (8)$$

При цьому використання імовірнісної міри для $P(A | A_i)$ у вигляді «ваг» (7) можна виправдати тим, що, по-перше, будь-яка нормалізована система ненегативних величин підкоряється аксіомам теорії ймовірностей [20], по-друге, більш ймовірним подіям в системі довільних подій з порівнюваними наслідками може надаватися більша вага.

3. Приклад кількісної оцінки ризиків збитків в рамках сценарного підходу

Кількісна оцінка ризиків збитків від аварії на ПНО здійснювалася за даними, які наведено в табл. 1. Окремі форми аварії розглядалися як сумісні незалежні події. Кожній з виділених форм аварії відповідав модельний сценарій, несумісний з іншими модельними сценаріями.

Таблиця 1 – Чисельні характеристики розрахункових форм аварії на ПНО

Чисельні характеристики	Форми аварії F_i								
	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	F_7	F_8	F_9
Ймовірності подій, рік ⁻¹	0,01	$5 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	10^{-3}	$5 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	10^{-4}	$5 \cdot 10^{-5}$	10^{-5}
Очікувані збитки, млн грн	5	10	50	400	2500	11500	20000	25000	30000

Результати чисельних розрахунків ризиків збитків від аварії на ПНО наведено в табл. 2. Повна ймовірність $P(A) = 0,01875$, рік⁻¹ виникнення аварії на ПНО за різними розрахунковими формами F_i , $i = \overline{1,9}$, визначалася за формулою:

$$P(A) = 1 - \prod_{i=1}^9 [1 - P(F_i)], \quad (9)$$

де $P(F_i)$ – ймовірність реалізації i -ї форми аварії на ПНО.

Таблиця 2 – Чисельні характеристики модельних сценаріїв аварії на ПНО

Чисельні характеристики	Сценарії аварії A_i								
	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9
Ймовірності подій, рік ⁻¹	0,0144	$3,6 \cdot 10^{-3}$	$5,7 \cdot 10^{-4}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$3,6 \cdot 10^{-5}$	$5,8 \cdot 10^{-6}$	10^{-6}	$3,6 \cdot 10^{-7}$	10^{-8}
Ризики збитків, млн грн, рік ⁻¹	0,072	0,036	0,029	0,057	0,09	0,066	0,029	$9 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-4}$

Повний (сумарний) ризик збитків за дев'ятьма модельними сценаріями склав 0,3884 млн грн на рік. Сума ймовірностей модельних сценаріїв при цьому склала $P(A) = 0,01875$, рік⁻¹, що підтверджує коректність розрахунків апостеріорних ймовірностей реалізації модельних сценаріїв аварії як несумісних подій, та ризиків збитків – сумарного та за кожним з модельних сценаріїв.

4. Деякі принципові узагальнення

За результатами чисельного моделювання сумарних ризиків збитків від аварій згідно із запропонованим підходом були сформульовані наступні твердження.

Твердження 1. Якщо хоча б одна з n аварійних подій-наслідків $F_i \in \mathbf{F}$, $i = \overline{1, n}$, з якими пов'язуються різні збитки $D(A_i)$ в результаті аварії A за різними модельними сценаріями A_i , має «відносну вагу»

$$P(A | A_i) = \frac{P(F_i)}{\sum_{i=1}^n P(F_i)}$$

збитку за ймовірністю його виникнення відмінну від

відповідних «відносних ваг» $P(A | A_k) = \frac{P(F_k)}{\sum_{i=1}^n P(F_k)}$ збитків за іншими

сценаріями для $\forall F_k \in \mathbf{F}, k = \overline{1, n}, k \neq i$, то при $P(F_i) > P(F_k)$ та $D(A_i) < D(A_k)$ сумарний (узагальнений) ризик збитків $R(D, A)$ за сценаріями $A_i \in \mathbf{A}, i = \overline{1, n}$, буде:

$$R(D, A) < \sum_{i=1}^n P(F_i) \cdot D(A_i). \quad (10)$$

Твердження 2. Якщо аварійні події-наслідки $F_i \in \mathbf{F}, i = \overline{1, n}$, з якими пов'язуються різні збитки $D(A_i)$ в результаті аварії за сценаріями $A_i, i = \overline{1, n}$, є однаково ймовірними і їх ймовірності $P(F_i) = P(F), i = \overline{1, n}$, то сумарний ризик збитків $R(D, A)$ за сценаріями $A_i \in \mathbf{A}, i = \overline{1, n}$, аварії буде рівним добутку ймовірності $P(F)$ на суму збитків $D(A_i)$:

$$R(D, A) = P(F) \cdot \sum_{i=1}^n D(A_i). \quad (11)$$

Твердження 3. Якщо з різними формами аварії $F_i \in \mathbf{F}, i = \overline{1, n}$, і відповідними їм сценаріями аварії $A_i, i = \overline{1, n}$, пов'язуються однакові збитки $D(A_i) = D(A), i = \overline{1, n}$, то сумарний ризик збитків $R(D, A)$ за $F_i \in \mathbf{F}, i = \overline{1, n}$ і $A_i, i = \overline{1, n}$ буде рівним добутку повної ймовірності аварії $P(A)$ та збитку $D(A)$:

$$R(D, A) = P(A) \cdot D(A). \quad (12)$$

Висновки

Причинно-наслідкові відношення між подіями і станами, що призводили до аварій на ПНО, часто виявляються занадто складними, щоб їх розглядати як статистичні факти в сукупності подібних випадкових подій і явищ та аналізувати в рамках однієї моделі. Відповідно оцінка ризиків можливих аварій на ПНО потребує аналізу індивідуалізованих сценаріїв їх виникнення і розвитку у формі певних логічних побудов та суб'єктивних припущень. Сценарний підхід з використанням евристичних прийомів причинно-наслідкового аналізу, методів системно-структурного і абстрактно-логічного аналізу дозволяє здійснити декомпозицію складної задачі моделювання та кількісної оцінки ризиків збитків аварій на ПНО з врахуванням їх системної організації, особливостей споруд і конструкцій, основ, обладнання. При цьому неструктурована або «слабо структурована» задача оцінки ризиків аварійних подій на ПНО може бути зведена до кількох (за кількістю гіпотетичних сценаріїв) «більш структурованих» задач, що можуть

описуватися простішими математичними моделями з меншим числом визначальних факторів та параметрів, де при оцінці ймовірностей різних аварійних подій і станів, в залежності від наявних даних, можуть використовуватися різні підходи, методи й моделі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Шидловський А.К. Надійні гідроелектростанції – гарант технологічної безпеки та ефективної експлуатації АЕС та ТЕС / А.К. Шидловський, С.І. Поташник, Г.М. Федоренко // Гідроенергетика України, 2005. – № 1. – С. 8–11.
2. Векслер А.Б. Надежность, социальная и экологическая безопасность гидротехнических объектов: оценка риска и принятие решений / А.Б. Векслер, Д.А. Ивашинцов, Д.В. Стефанишин. – СПб.: ВНИИГ, 2002. – 591 с.
3. Маршалл В. Основные опасности химических производств / Маршалл В. – М.: Мир, 1989. – 672 с.
4. Kumamoto H. Probabilistic Risk Assessment and Management for Engineers and Scientists / H. Kumamoto, E.J. Henley. New York. IEEE Press, 1996. – 597 p.
5. Мирцхулава Ц.Е. Опасности и риски на некоторых водных и других системах. Виды, анализ, оценка / Ц.Е. Мирцхулава. – Тбилиси: «Мецниереба» («Наука»), 2003. – 538 с.
6. Hartford D.N.D. Risk and Uncertainty in Dam Safety / D.N.D. Hartford, G.V. Baecher // Published by Thomas Telford, 2004. – 401 p.
7. Рябинин И.А. Надёжность и безопасность структурно-сложных систем. – СПб.: Изд-во С-ПбУ, 2007. – 276 с.
8. Качинський А.Б. Безпека, загрози і ризик: наукові концепції та математичні методи: монографія / А.Б. Качинський; Ін-т проблем національної безпеки. Нац. акад. служби безпеки України. – К.: [б. н.], 2004. – 470 с.
9. Перельмутер А.В. Избранные проблемы надежности и безопасности строительных конструкций / А.В. Перельмутер. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2007. – 255 с.
10. Лисиченко Г.В. Природний, техногенний та екологічний ризики: аналіз, оцінка, управління / Г.В. Лисиченко, О.Л. Забулонов, Г.А. Хміль. – К.: Наукова думка, 2008. – 544 с.
11. Бугорин С.Л. Методы анализа безопасности АЭС при авиакатастрофах / С.Л. Бугорин, Г.С. Шульман, С.Г. Шульман. – М.: Энергоатомиздат, 2006. – 327 с.
12. Панкратова Н.Д. Оцінювання багатофакторних ризиків в умовах концептуальної невизначеності / Н.Д. Панкратова, Н.І. Недашківська // Кибернетика и системный анализ, 2009. – №2. – С. 72–82.
13. Бегун В.В. Метод решения проблемы расчета техногенных рисков / В.В. Бегун, С.А. Вахнин // Управляющие системы и машины, 2014. – №3. – С. 3–9.
14. Стефанишин Д.В. Прогнозування аварій на греблях в задачах оцінки й забезпечення їх надійності та безпеки / Д.В. Стефанишин // Гідроенергетика України, 2011. – № 3–4. – С. 52–60.
15. Стефанишин Д.В. Логіко-імовірнісна оцінка ризику збитків від аварійного виливу води з басейну добового регулювання Зарамагської ГЕС-1 / Д.В. Стефанишин, К.Г. Романчук // Системні дослідження та інформаційні технології, 2013. – №3. – С. 130–141.
16. Романчук К.Г. Імовірнісне моделювання сценаріїв двох нетипових аварій на гідроенергетичних об'єктах / К.Г. Романчук, Д.В. Стефанишин // Гідроенергетика України, 2014. – № 2–3. – С. 20–25.
17. Стефанишин Д.В. Сценарний підхід к оцeнке вероятностей аварий на плотинах / Д.В. Стефанишин // Мониторинг. Наука и безопасность. Устойчивость зданий и сооружений, 2013. – №1 (9). – С. 26–33.

18. Stefanyshyn D.V. Use of the Bayes' approach for assessment of damage risks of system failures / D.V. Stefanyshyn, K.G. Romanchuk // Proc. of Int. Scientific School «Modelling and Analysis of Safety and Risk in Complex Systems». July 7-11, 2009. – Saint-Petersburg, Russia. – P.P. 165–169.
19. Пойа Д. Математика и правдоподобные рассуждения / Д. Пойа [Пер. с англ.]. – М.: Наука, 1975. – 462 с.
20. Райфа Г. Прикладная теория статистических решений / Г. Райфа, Р. Шлейфер [Пер. с англ. А.К. Звонкина, З.Г. Маймина и Б.Л. Розовского. Под ред. и с пред. Ю.Н. Благовещенского]. – М.: Статистика, 1977. – 360 с.

Стаття надійшла до редакції 01.12.2015

УДК 004.942 + 517.958: 343,976

**В.И. КИСЕЛЕВ, С.К. ПОЛУМИЕНКО, Е.А. ЛЕВКОВА,
А.А. БУДНИЦКИЙ, С.З. САВИН**

**ПРОБЛЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕНЕВОЙ ЭКОНОМИКИ
НА ПРИМЕРЕ НЕЛЕГАЛЬНОГО ОБОРОТА
ПСИХОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ**

***Аннотация.** Рассмотрены подходы к созданию дескриптивных моделей экономико-криминологических систем на примере схем незаконного оборота психоактивных веществ. Системный анализ наркологической ситуации позволил выявить социально-криминологические и этнонаркологические особенности Дальнего Востока России.*

***Ключевые слова:** экономико-криминологические системы, задачи классификации, теоретико-игровой подход, информационные модели, дескриптивный анализ, нелегальный оборот, психоактивные вещества.*

Введение

При принятии управляющих решений в сложных социально-экономических системах приходится рассматривать ряд разнородных противоречивых проблем, связанных, в частности, с информационным обеспечением процесса принятия решений. Причины возникающих трудностей связаны не только с т.н. «человеческим фактором» [55], но и с большим объемом исходных социально-психологических, эколого-экономических и иных статистических материалов, их сложной и плохо формализуемой структурой; значительным изменением в процессе функционирования набора параметров модели, используемого в качестве исходных данных при принятии решений; существенными вариациями структуры исходных данных в процессе решения задач. При этом необходимо решать задачи информационной совместимости, связанные с информационным обобщением реальных анализируемых параметров и параметров модели, в задачу модельной совместимости, вызванную неоднозначностью интерпретации прогнозных значений управляющих параметров модели на информационном языке [23].

Целью разработки информационных моделей для задач классификации является создание и развитие оригинального подхода к исследованию особого класса теоретико-игровых информационных моделей в эколого-экономических системах при различных условиях, накладываемых на их компоненты (общий случай; биматричные; бескоалиционные; коалиционные и континуальные), для различных постановок задач наблюдения и принятия решений по управлению сложной конфликтной системой с учетом ограничений в связи с внутренними и внешними факторами. Возможности реализации теоретико-игровых информационных моделей для классов задач принятия решений (при различных условиях, накладываемых на компоненты задач, качество, неполноту информации и другие характеристики) обсуждались неоднократно [27, 28, 29, 31, 34, 45, 48]. К основным этапам

исследований применительно к социально-экономическим процессам можно отнести дальнейшую разработку предложенного авторами метода теоретико-игрового моделирования (ТИМ), использующего, в отличие от известных методов [2, 5, 6, 36, 37], сочетание математического аппарата теории игр и теории распознавания образов [26–31, 43–48]; создание инструментария для принятия оптимальных решений по управлению конфликтной эколого-экономической системой; разработку эффективных алгоритмов имитации процессов жизнедеятельности социальных систем на ЭВМ; создание автоматизированной системы поддержки принятия решений по контролю и управлению эколого-экономической системой в условиях неполной и противоречивой информации.

1. Содержательная формулировка

При анализе социально-экономических процессов одним из важнейших компонентов является проблема прогнозирования исходов конфликта в сложной системе и задача прогнозирования последствий от принятого решения по возможным управляющим воздействиям. Рассмотрение подобных задач основано на переработке данных о конфликте или процессе принятия решений с помощью специальных алгоритмов. При теоретико-игровом подходе к распознаванию образов для описания конфликта применяется специальным образом организованная информация, а задача прогнозирования формулируется как задача распознавания (ЗР), решение которой осуществляется специальными ТИРА [23, 31, 47, 48].

2. Концептуальное представление конфликта

При анализе подавляющего большинства эколого-экономических и социально-психологических конфликтов можно выделить следующие его основные компоненты:

- участник,
- группа участников,
- состояние конфликта,
- реализация конфликта,
- исход реализации,
- интересы участника,
- цели участника.

В [23, 27] дана содержательная интерпретация каждой компоненты конфликта. При этом задача прогнозирования формулируется в виде задачи распознавания (ЗР) в следующем виде:

- пусть множество исходов реализаций конфликтов разбито на конечное число классов;
- пусть задан конечный набор описаний реализаций конфликта вместе с заданием для каждой реализации их исходов;
- пусть задана некоторая реализация, не входящая в заданный набор реализаций.

Необходимо для указанной реализации определить ее принадлежность к одному из классов исходов.

В [24, 30] дана содержательная интерпретация каждой компоненты конфликта. При этом задача прогнозирования формулируется в виде задачи распознавания (ЗР) в следующем виде: пусть множество исходов реализаций конфликтов разбито на конечное число классов; пусть задан конечный набор описаний реализаций конфликта вместе с заданием для каждой реализации их исходов; пусть задана некоторая реализация, не входящая в заданный набор реализаций. Необходимо для указанной реализации определить ее принадлежность к одному из классов исходов.

3. Семантическая основа метода информационного моделирования

Семантическое определение метода теоретико-игрового (информационного) моделирования (ТИМ) сводится к следующим процедурам. Реальный конфликтный социально-экономический объект или процесс заменяется своим описанием, понимаемым как информационная модель в широком смысле этого слова [23, 31]. Реальным свойствам объекта сопоставляются определенные значения описывающих его параметров, входящих в заранее определенные множества. Исследование реального конфликта заменяется изучением его ТИМ. При этом определяется соответствие характеристик и задач исследования реального конфликта характеристикам и задачам его ТИМ. Описание конфликта понимается в таком случае как трехуровневая ТИМ, в которой каждый уровень описания характеризуется своим набором свойств, степенью детализации и правдоподобия, что отвечает тому или иному аспекту теоретико-игрового описания на каждом уровне. Между уровнями теоретико-игровых описаний существует взаимосвязь, такая, что выбор значения параметров на одном уровне в общем случае ограничивает возможность выбора множества значений для параметров на ином уровне. В [27, 31] введены уровни функциональной (Ф-модель), структурной (С-модель) и нормативной (Н-модель) ТИМ.

Автоматизация процесса управления конфликтом требует создания средств, обеспечивающих функционирование динамической модели конфликта. Функционирование такой модели невозможно в отсутствие достаточно развитой АИС, осуществляющей пополнение и обновление информационной модели конфликта, а также выполняющей функции создания информационных баз, метаданных и СУБД, выдачу информации для решающих программ с последующей обработкой сведений, извлекаемых из содержания информационных баз. В процессе функционирования такая подсистема обеспечивает коллективный доступ решающих модулей к информационной базе, многоступенчатый поиск в условиях меняющихся параметров организации БД и обстановки решения задач, а также сложной динамической организации данных на логическом уровне. В качестве концептуальной модели подсистемы информационного обеспечения процесса принятия решений в конфликтных системах используется принцип банка данных (БнД) [17, 23, 30, 54, 56]. В [27, 30, 57] были изложены этапы проектирования БнД: системный, логический и технический. В [23, 43, 49] подробно изложена последовательность построения и преобразования функциональной (Ф), структурной (С), нормативной (Н) и информационной (И) моделей сложной системы. В математической модели процесса самоорганизации социума устанавливаются устойчивые статистические

закономерности между управляющими и управляемыми параметрами, а процесс самоорганизации рассматривается как игра с реализациями с определением функций выигрыша (отношения предпочтения игроков, коалиций, кланов). Определяются нужные управляющие воздействия для сохранения первоначального состояния социально-психологической системы или произвольного социально-экономического объекта и перевода их в некоторое наперед заданное в соответствии с особенностями процесса самоорганизации, требованиями приспособления к условиям окружающей среды, принятыми ограничениями, целями и характером деятельности.

Далее опишем модель информации для модели игры Г. Обычно согласно теории коалиционных игр [1, 4, 8, 9, 11, 34, 41, 42] коалиции складываются до момента начала игры. В реальных конфликтах игры сама модель конфликта описывает правила игры, и процесс образования коалиций имеет важное значение. Его следует изучать особо, рассматривая различные наблюдения за процессом социальной деятельности, который можно понимать как однократное проигрывание игры в форме Γ_1 или Γ_2 . Такое однократное проигрывание игры естественно определить как реализацию игры и обозначить через Q. Подробно структура реализации Q, которая соответствует модели информации, описывающей процесс принятия решений как игры, изучена в [27, 28, 30, 56]. В [23, 46, 57] были приведены эффективные методы решения вышеописанных моделей игр. В рамках стратегического распознавания в задачах экономики, моделирования процессов самоорганизации социума и асоциального поведения важную роль приобретают знаковые и структурные компоненты образов [43, 49, 58]. В [26, 44, 48] эти вопросы исследуются с позиций игр с реализациями и их стратегических составляющих и комплексов остовов. При подобном построении компоненты игры реализациями можно поделить на следующие слои: игрок, индивидуальная стратегия, ситуация в индивидуальной стратегии; коалиция, коалиционная стратегия, ситуация в коалиционных стратегиях; угроза, контругроза, реализация, ситуация как продолжение реализаций; игра с реализацией, набором и множеством ситуаций.

На предложенных выше концепциях и моделях игр сформированы многоуровневые детерминированные кооперативные игры (МКД-игры), образующие формальную основу моделей социально-психологических и эколого-экономических систем, на их базе найдены условия реализуемости и существования оптимальных решений построенных дескриптивных моделей. На основе представленных моделей [45–48] построен и исследован новый класс игр – многоуровневые коалиционные и кооперативные игры, а также многоуровневые коалиционные динамические стохастические (МКД) игры в общей форме, сочетающие данные и другие классы игр в процессе анализа поведения исходной системы; доказано существование устойчивых ситуаций в МКД-играх. Для МКД-игр на основе выделения базисных компонент исходной системы определены понятия устойчивых и оптимальных решений, сформулированы условия их совпадения; построена процедура «улучшения» и анализа стратегий игроков и коалиций, в рамках которой решение МКД-игры сведено к решению класса матричных игр. Тем самым показано существование точного алгоритма решения МКД-игры, при этом за счет введения предстратегий игроков удалось реально описать случай вхождения игроков одновременно в разные коалиции. Наконец рассматривается

построение ситуаций баланса в МКД-играх и на их основе – формальной системы, позволяющей сформулировать задачи анализа и оптимизации социально-психологической системы и определить алгоритмы формирования, анализа и решения моделирующей ее МКД-игры [44, 46].

Решение данных задач упирается в основное ограничение, относящееся ко всем достаточно сложным играм: не существует корректного алгоритма их решения и возникает необходимость поиска расширений МКД-игр, где такой алгоритм, во-первых, может быть построен и, во-вторых, эффективно решает задачу определения оптимальных решений. При решении задач на практике естественным шагом является задание отношений игроков и коалиций к интересам и стратегиям других игроков и коалиций. Исходя из этого, для МКД-игр введены и исследованы ситуации оптимального баланса, сформулированы условия, при которых эти ситуации совпадают с ситуациями v -устойчивого баланса. Введены функции выигрыша, отражающие разрушающее или восстанавливающее воздействие на компоненты исследуемой системы. Построена процедура сужения множества стратегий, приемлемых с точки зрения сохранения оптимального баланса социума. За счет использования в определении стратегии набора предстратегий реально выражено участие игрока в действиях разных коалиций, что не отражено в классических коалиционных играх по Н.Н. Воробьеву [11]. Найдены условия, при которых МКД-игра может быть сведена к классу матричных игр, разрешимых корректными алгоритмами. Эти алгоритмы не дают эффективного алгоритма анализа всей МКД-игры. Как следствие сформулирована задача поиска алгоритма в классе некорректных эвристических алгоритмов. Для ее решения предложена и построена формальная система, являющаяся рекурсивным представлением исходных моделей системы, а также формальная система, задающая рекурсивно перечислимое представление алгоритмов решения МКД-игры, ищущихся в линейном замыкании модели алгоритмов вычисления оценок.

На объединении данных систем сформулированы основные задачи анализа и оптимизации как задачи определения вхождения соответствующих выводимых формул: как объединение класса алгебраических систем построена формальная функциональная f -модель социально-психологической системы, являющаяся рекурсивным представлением МКД-игр; выделены базисные задачи синтеза и анализа данных формальных моделей, заключающиеся в построении соответствующих алгоритмов на основе некоторой обучающей информации; задачи являются обобщением постановок стандартных задач теории распознавания образов; построена общая схема моделирования и решения прикладных задач анализа социально-психологических систем, в рамках которой эти задачи представляются как наборы базисных задач, представленных в памяти системы решения задач; построена общая вычислительная схема, выделены основные принципы построения программных систем моделирования и анализа социально-психологических систем в рамках построенного аппарата МКД-игр и f -моделей.

На основе эвристического подхода, сочетающего использование некорректных и точных алгоритмов, нами также рассматриваются построение и исследование алгоритмов решения задач оптимизации и прогнозирования ситуаций в социально-психологических системах, моделируемых функциональными моделями. Вводятся алгоритмы формирования функциональных моделей как самой системы, так и их расширений, образуемые алгоритмами семейства построенных структурных классификаторов.

Предложено расширение алгоритма вычисления оценок как последовательности структурных классификаторов, формирующих обучающую и контрольную информацию, выполняющих функции решающего правила по оценкам, построенным стандартным распознающим оператором [30, 47]. Также в схему алгоритма включен алгоритм формирования памяти системы решения задач. Данный алгоритм является одним из алгоритмов манипулирования образуемой далее памяти системы. Память формируется на основе формального представления алгоритмов и решений задач, включая требуемую ими информацию, и интерпретируется, с одной стороны, как расширенная обучающая информация и, с другой стороны, как память некоторой алгоритмической системы, призванной решать введенные задачи анализа и оптимизации. Показаны существование корректного алгоритма решения задач в этой системе и их разрешимость (рекурсивная формальная представимость) [44, 49]. Как наборы основных задач анализа системы, вводятся и описываются аппроксимации, которыми представляются реальные прикладные задачи моделирования и анализа. Описана общая схема их решения, включающая поэтапные структуризацию и выполнение процесса решения задач [23, 46, 57].

Такой подход обладает расширенными возможностями по генерации методов формирования параметров проекта, способов их оценки, а также детализации сценариев оценивания, в результате чего позволяет решать другие не менее сложные задачи анализа социально-психологических систем. Особый интерес представляет развитие метода на область социальной психологии и криминологии при исследованиях аддиктивного и аномального девиантно-криминального группового поведения в структурах теневой экономики. С учетом роста подростковой наркологической и психоневрологической заболеваемости в регионе, общей криминализации общества, обострения геополитических конфликтов и перенесения незаконного наркобизнеса в Интернет возрастает роль и актуальность создания на базе научно обоснованных методов эффективных систем противоборства незаконному обороту ПАВ, а также разработки средств комплексной реабилитации на основе междисциплинарного подхода с использованием теоретико-игровых концепций [4, 8, 15, 23, 28, 30, 48].

4. Модели незаконного оборота наркотиков

Причины наркотизма достаточно разнообразны и активно исследуются в настоящее время [32, 39]. Тот факт, что динамика наркотизма редко коррелирует с численностью населения, доказывает, что медико-биологические факторы не являются определяющими в этом процессе [35, 39, 40, 59]. Так, несмотря на многолетнее устойчивое снижение численности

населения Хабаровского края и меры по борьбе с наркопреступностью, сбыт наркотиков на его территории устойчиво возрастает [51].

Попытка рассмотреть подробно процесс распространения наркотиков приводит к выводу, что его динамика в значительной степени определяется доступностью наркотических веществ и уровнем доходности криминальной деятельности организаторов процесса наркотизации и распространителей наркотиков. По вполне понятным причинам, достоверные данные о количественных параметрах регионального наркотрафика и обороте денежных средств отсутствуют. В таком случае оценка подобных параметров может быть получена путем построения адекватной формальной ТИМ процесса распространения ПАВ [49]. Учитывая особенности исследуемой системы, следует признать, что создание полной формальной модели в ближайшее время вряд ли возможно. Поэтому на начальном этапе необходимо применять одну из методик имитационного моделирования.

Рассмотрим в качестве примера представление процесса перемещения наркотических веществ в регионе, используя понятия «уровней» и «потоков» по методу «системной динамики» Д. Форрестера [2, 16, 49]. Такое представление социально-экономических процессов позволяет строить достаточно продуктивные имитационные модели. Основой модели распространения наркотиков является схема переходов между различными группами населения, среди которых можно выделить такие как «законопослушное население», «наркоманы», «распространители наркотиков» («сбытчики»), «организаторы процесса наркотизации» («наркобароны»). В процессе анализа потоков, отражающих переход населения из одной группы в другую, выясняется, что динамика некоторых из них связана с движением массы ПАВ и обеспечивающих их финансовых средств в регионе. Другие в существенной степени определяются уровнем доходов от преступной деятельности по распространению наркотиков. Определенный вклад в динамику доходов, наркотиков и населения вносят и правоохранительные органы. Таким образом, полная модель динамики должна содержать три взаимосвязанных «слоя», соответствующих динамике массы наркотиков, доходов и групп населения. Проиллюстрируем некоторые примеры теоретико-игрового описания социальных структур из области теневой экономики и криминологии (рис. 1–3).

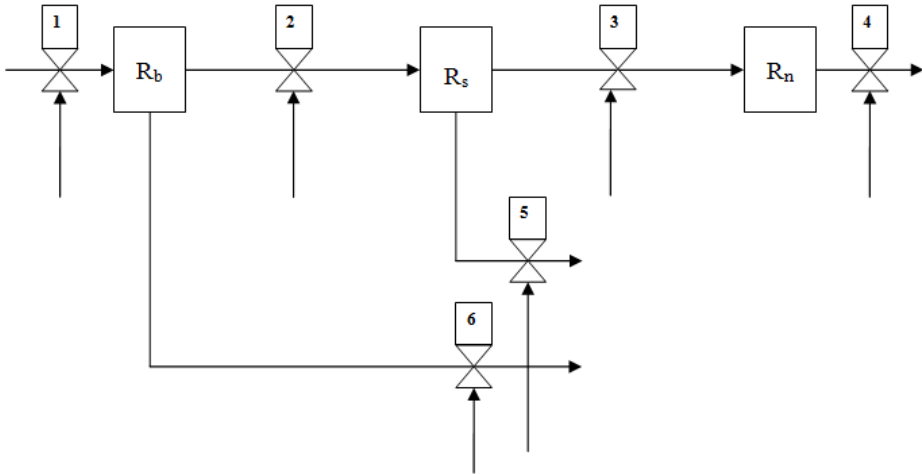


Рисунок 1 – Примерная схема движения потоков наркотиков

Уровни:

R_b – масса наркотиков, имеющаяся у организаторов преступного бизнеса (воры в законе, наркобароны, держатели нелегальных игорных заведений, притонов и пр.);

R_s – масса наркотиков, имеющих у производителей иных криминальных услуг (киллеров, сбытчиков, сутенеров и пр.);

R_n – масса наркотиков, имеющаяся у населения.

Потоки:

1 – поток наркотиков, приобретаемых организаторами;

2 – поток наркотиков, сбываемых ими распространителям (наркодилерами);

3 – поток наркотиков и иных ПАВ, продаваемых распространителями наркоманам;

4 – поток наркотиков, потребляемых наркоманами;

5, 6 – потоки наркотиков и иных запрещенных к обороту ПАВ, изымаемых правоохранительными органами у сбытчиков и наркобаронов.

Для получения окончательного варианта модели этого слоя необходимо установить экспериментально (или принять достаточно обоснованные предположения) основные закономерности, определяющие каждый поток, а затем, экспериментируя с моделью, добиться адекватной имитации реального процесса в регионе.

Построив модели для каждого из упоминавшихся трех слоев и связав их между собой (рис. 1–3), мы имеем возможность количественно охарактеризовать динамику наркотизации, в том числе ее латентных параметров, включая финансовые потоки. Результаты исследований могут служить научно-методической базой широкомасштабной наркологической профилактики и разработки экономико-правовых мероприятий для борьбы с распространением наркотиков в регионе.

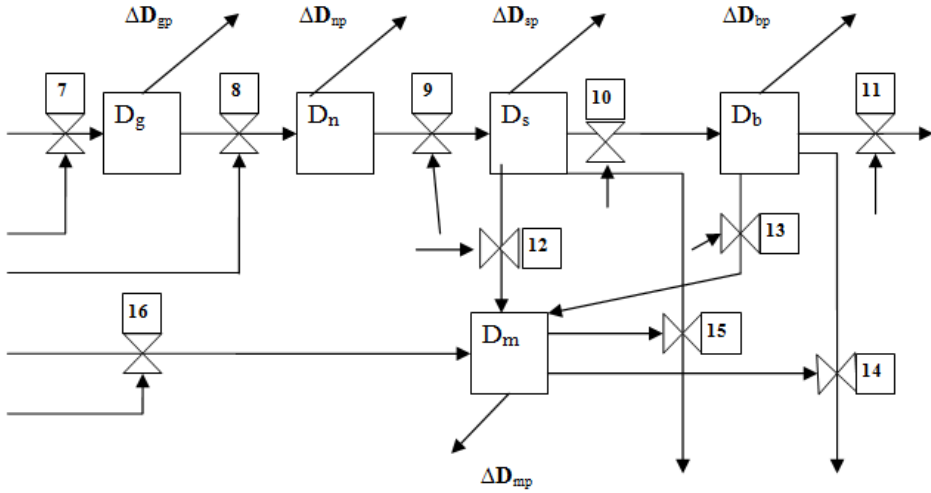


Рисунок 2 – Примерная схема формирования доходов различных групп населения

Уровни:

D_g – суммарный (накопленный) доход законопослушных граждан в регионе;

D_n – суммарный доход (значение функции выигрыша) наркоманов;

D_s – суммарный доход (значение функции выигрыша) сбытчиков;

D_b – суммарный доход (значение функции выигрыша) наркобаронов;

D_m – суммарный доход (значение функции выигрыша) правоохранительных органов.

Потоки:

7 – прирост доходов граждан;

8 – часть доходов, изымаемая у граждан наркоманами, в том числе и в результате их преступной деятельности;

9 – часть дохода наркоманов, затраченная на приобретение наркотиков;

10 – часть дохода сбытчиков, затраченная на приобретение наркотиков у наркобаронов;

11 – часть доходов наркобаронов, затраченная на приобретение (и/или производство) наркотиков;

12 и 13 – часть доходов сбытчиков и наркобаронов, затраченная на подкуп сотрудников правоохранительных органов;

14 и 15 – часть доходов сбытчиков и наркобаронов, изъятая у них сотрудниками правоохранительных органов;

16 – прирост доходов (легальных и нелегальных) сотрудников правоохранительных и контролирующих органов.

При этом группы потоков рассматриваются на определенном отрезке времени как постоянные и обозначаются следующим образом: $D_{гр}$, $D_{нр}$, $D_{сп}$, $D_{бр}$ – часть доходов, затраченная различными группами населения на бытовое потребление («продуктовая корзина»).

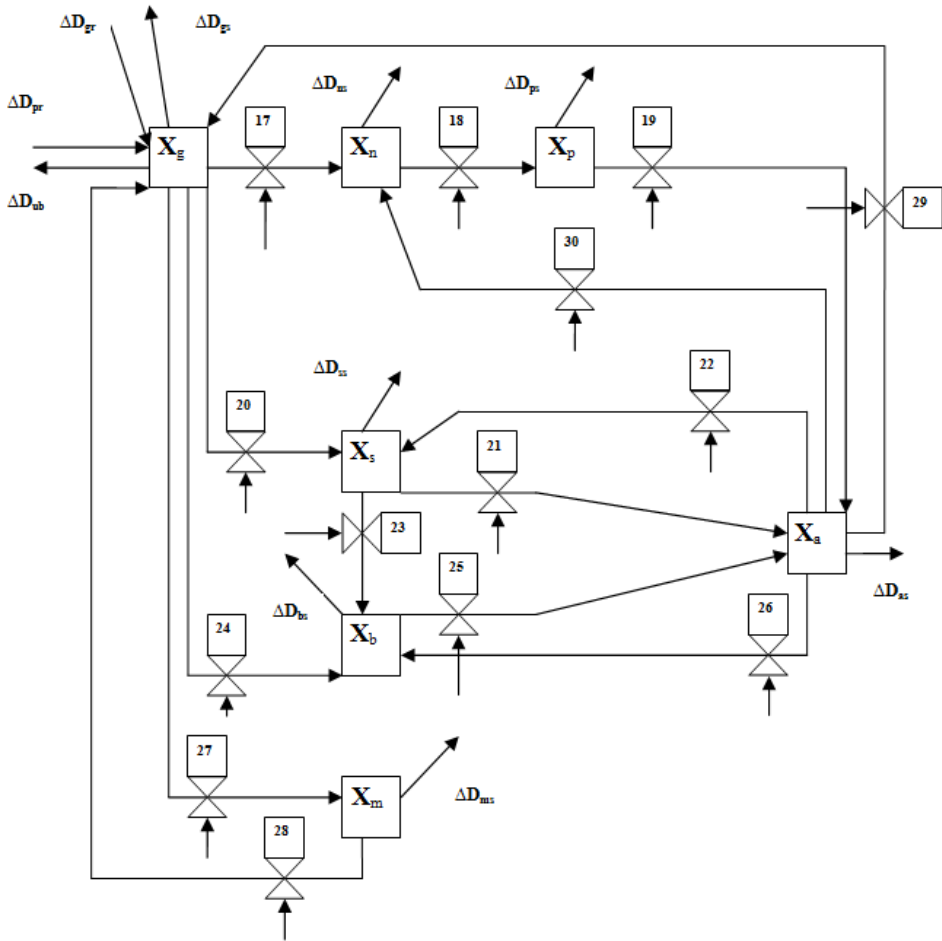


Рисунок 3 – Примерная схема переходов между различными группами населения

Уровни:

X_g – количество законопослушных граждан;

X_n – количество наркоманов;

X_p – количество наркоманов, совершивших преступления;

X_s – количество распространителей наркотиков (сбытчиков);

X_b – количество организаторов (наркобаронов);

X_a – количество наркоманов-преступников, сбытчиков и наркобаронов, выявленных и арестованных правоохранными органами;

X_m – количество сотрудников правоохранными органами.

Потоки:

17 – поток граждан, вовлекаемых в наркоманию;

18 – поток наркоманов, впервые совершивших преступление;

19 – поток наркоманов-преступников, выявленных и арестованных правоохранными органами;

20 – поток граждан, вовлекаемых в сбыт наркотиков;

21 – поток сбытчиков, выявленных и арестованных правоохранительными органами;

22 – поток сбытчиков, отбывших наказание и вернувшихся к преступной деятельности;

23 – поток сбытчиков, перешедших к организаторской деятельности;

24 – поток граждан, приступающих к организаторской деятельности;

25 – поток наркобаронов, выявленных и арестованных правоохранительными органами;

26 – поток наркобаронов, отбывших наказание и вернувшихся к преступной деятельности;

27 – поток граждан, поступающих в правоохранительные органы;

28 – поток граждан, убывающих из правоохранительных органов;

29 – поток наркоманов, сбытчиков и наркобаронов, отбывших наказание и прекративших противоправную деятельность и прием наркотиков;

30 – поток наркоманов, отбывших наказание и продолжающих принимать наркотики.

Группы потоков рассматриваются на определенном отрезке времени как постоянные и обозначаются следующим образом:

D_{gr} – поток родившихся граждан;

D_{pr} – миграционный поток прибывших в регион;

D_{ub} – миграционный поток убывших из региона;

D_{gs} , D_{ns} , D_{ps} , D_{ss} , D_{bs} , D_{as} , D_{ms} – потоки умерших граждан.

На основе подобных блок-схем с использованием метода информационного стратегического моделирования и, в частности, класса МКД-игр [43–46], строятся функции выигрышей (дележей финансовых потоков) и корректные модели группового криминального поведения различных слоев коренного и пришлого населения региона в сфере незаконного оборота ПАВ.

Для корректного анализа поведенческих факторов участников конфликта в сфере теневой экономики были использованы апробированные методы социометрии, социальной психиатрии, социальной психологии (интервью, тесты, наблюдения, анкеты и пр.), психодиагностики, психологической антропологии (ПА). С позиций ПА этнопсихиатрию и этнонаркологию принято изучать интегративно как многомерное пространство разноплановых признаков. При этом основа психиатрических симптомов кроется в социальной, психологической и индивидуально-биологической причинах. Удельный вес и значимость составляющей этой триады кондиционально связаны с особенностями популяции, в условиях которой происходит формирование клинического поведенческого психотипа. Зависимое или аддиктивное поведение (ЗП) характеризуется стремлением к уходу от реальности посредством изменения своего психического состояния. Если человек живет в условиях аддиктивной системы, он становится фрактальным носителем характеристик этой системы, что накладывает на его личность и последующую жизнь серьезный отпечаток. При этом материальным субстратом ЗП не обязательно служит какое-либо физическое тело или химическое вещество. Но химические зависимости дают человеку в некотором смысле уникальный опыт восприятия реальности за счет «сдвига» восприятия в сенсорных каналах, который воспринимается в виде необычных визуальных образов, звуков, телесных ощущений. Приобщение к новому

«позитивному» опыту и проживанию его вызывает зависимость от самого опыта. В данном случае химическое вещество – это всего лишь стимул, запускающий возможность соединения с новым опытом. Таким образом, можно выделить классы и стимулы нехимического воздействия на восприятие реальности. На уровне социума возможно использование синергетических подходов исследований, а на уровне группового поведения наиболее эффективно применение методов теоретико-игрового моделирования конфликтных систем [13, 19, 23, 29, 44]. Нами были использованы психометрические и социометрические методы изучения поведенческих реакций (скрининг-опрос, интервью, тестирование, игра, интеракция), медицинские методы (опрос, натурное наблюдение, катанестическое, эпидемиологическое исследование), социологические методы (изучение медицинской и социальной активности пациентов в процессе интервью), методология этнокультурального и транскulturального анализа, методы информационного моделирования, медико-экологические геоинформационные системы (МЭГИС) [33]. Помимо наркоэпидемиологической, социологической, демографической, криминальной статистики и данных социальной и экологической напряженности тематическими слоями МЭГИС выступают сведения о распространении ПАВ, наркологической заболеваемости, а также макроэкономические и социально-демографические параметры (показатели естественного прироста и убыли населения, занятость населения, половозрастной состав, индекс миграции, уровень преступности, оборот ПАВ и пр.) [35, 49]. Многофакторный кластерный анализ позволил объединить группы административных районов Хабаровского края [25, 51], сходных между собой по ряду параметров [33], в т.н. медико-экологические зоны. В этих зонах проводился регрессионный анализ влияния социально-экономических факторов на значение показателя распространения наркомании в Хабаровском крае (рис. 4).

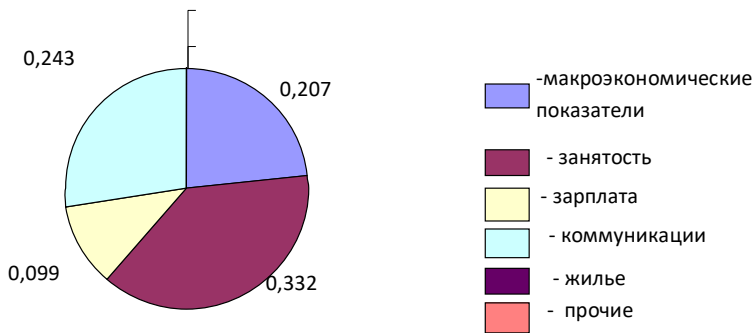


Рисунок 4 – Групповое влияние социально-экономических факторов на значение показателя распространения наркомании в Хабаровском крае

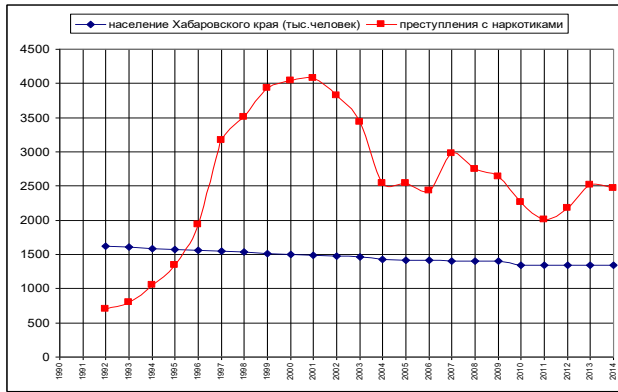


Рисунок 5 – Количество преступлений по незаконному обороту наркотиков

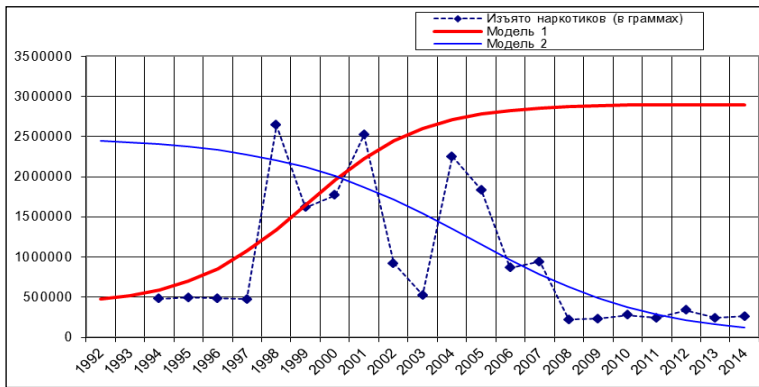


Рисунок 6 – Изъято наркотиков

Рис. 5 иллюстрирует данные о числе преступлений, связанных с незаконным оборотом наркотиков в Хабаровском крае за период с 1990 по 2014 гг. в сопоставлении с динамикой численности населения края за тот же период. Из этих данных не усматривается прямая связь между численностью населения и количеством подобных преступлений. Этот факт можно интерпретировать таким образом, что медико-биологические факторы не являются определяющими, по крайней мере, в сфере преступности. Гораздо большее значение имеют сведения о сверхприбыли от незаконной деятельности по распространению наркотиков и вариабельная активность правоохранительных органов в борьбе с этим явлением [25]. В качестве примера рассмотрим показатели изъятия наркотиков в процессе борьбы с преступностью, представленные на рис. 6. Можно заметить, что после особо успешных мероприятий и изъятия крупных партий наркотических веществ в течение 2–3 лет в регионе резко падает уровень оборота наркотиков и, соответственно, количество изъятых наркотиков. Даже если наркодилеры за этот период находят способы восстановить поставки наркотических веществ, общий оборот наркотиков снижается. Из приведённых данных видно, что за последнее десятилетие удалось несколько снизить и стабилизировать уровень преступности в Хабаровском крае, связанной с наркотиками.

Заключение

Неуклонный повсеместный рост наркологической заболеваемости, ее распространение в регионах умеренного и низкого риска, большие моральные и экономические потери, связанные с лечением и социальной защитой пациентов, неизбежные прямые и косвенные потери производительных сил, отсутствие доступных методов доклинической диагностики и методов выявления контингентов риска наркозависимости актуализируют междисциплинарность исследований. Теоретической основой разработок является социальная психиатрия, этнокультуральные и транскulturальные методы, системный анализ и математическое моделирование с применением методов социальной психологии, аппарата теории игр и геоинформатики для обработки разноплановой информации при принятии решений по оптимизации структуры психологической и наркологической помощи. Построение формальных теоретико-игровых моделей теневой экономики невозможно без междисциплинарных исследований как социально-экономических явлений, связанных с незаконным оборотом ПАВ, так и изучения свойств личности, вовлеченной в этот процесс, динамики психоэмоциональных состояний и мотивов поведения всех участников «бизнеса».

В практике социально-психологических и экономико-криминологических исследований существует накопленный опыт по решению подобных задач, позволяющий эффективно вычислять реальные значения для функций выигрыша игроков. Впервые наркологическая ситуация в Хабаровском крае исследована в социально-психологическом аспекте с привлечением смежных дисциплин: психиатрии, экологии, экономики, математики, информатики, культурологии, этнографии, политологии, конфликтологии. Анализ распространения групповой наркозависимости позволил выявить социально-психологические, этно-наркологические и медико-экологические особенности региона. Определив главные причины, предопределяющие встречу человека с ПАВ, можно определить и эффективную тактику поиска выхода из состояния зависимости, так как становится возможным представлять и сам алгоритм возникновения и развития наркомании и алкоголизма, и разноплановые риски.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Айзерман М.А., Алескеров Ф.Т. Выбор вариантов: основы теории. М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. 240 с.
2. Амосов Н.М. Моделирование сложных систем. Киев: Наук. думка. 1968. 88 с.
3. Арбиб М.А., Мейнс Э.Дж. Основания теории систем // Математические методы в теории систем. М.: Мир, 1979. 328 с.
4. Ауман Р., Шепли Л. Значения для неатомических игр. М.: Мир, 1977. 357 с.
5. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. М.: Наука, 1968. 356 с.
6. Вагнер Г. Основы исследования операций. М.: Мир, 1972. Т. 1. 335 с.; 1973. Т. 2. 488 с.; Т. 3-501 с.
7. Вапник В.Н., Червоненко А.Я. Теория распознавания образов. М.: Наука, 1974. 419 с.
8. Вилкас Э.Й. Теория оптимальности в теории игр // Современные направления в теории игр. Вильнюс: Мокслас, 1976. С. 25-43.

9. Вилкас Э.Й. Оптимальность в играх и решениях. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. 256 с.
10. Винер Н. Кибернетика или управление и связь в животном и машине: Пер. с англ. / Под ред. Поварова Г.Н. М.: Сов. радио, 1968. 328 с.
11. Воробьев Н.Н. Коалиционные игры // Теория вероятностей и ее применения. 1967. Т. XII. № 2. С. 67-81.
12. Воробьев Н.Н. Современное состояние теории игр // Успехи математических наук. 1970. Т. 25. Вып. 2(152). С. 81-140.
13. Воробьев Н.Н. Приложения теории игр // Успехи теории игр. Тр. II Всесоюз. конф. по теории игр, Вильнюс, 1971. Вильнюс: Минтис, 1973. С. 249-273
14. Воробьев Н.Н. Бескоалиционные игры. М.: Наука, 1984. 496 с.
15. Гермейер Ю.Б. Игровые концепции в исследовании систем // Известия АН СССР. Серия техн. кибернетика, 1970, N 2. С.25-33.
16. Гладких Б.А. Лекции по исследованию операций. Принятие решений при неопределенности. Томск: Изд-во ТГУ, 1979. 119 с.
17. Глушков В.М. Введение в кибернетику. Киев: Изд-во АН УССР, 1964. 312 с.
18. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика, изд.6, стереотипное. М.: Высшая школа, 1997.
19. Горелик В.А., Кононенко А.Ф. Теоретико-игровые модели принятия решений в эколого-экономических системах. М.: Радио и связь, 1982. 144 с.
20. Дональдсон Д.Д., Киши Ф.Г. Обзор теории и методов адаптивных систем управления. М.: Наука, 1970. 512 с.
21. Дюбин Г.В., Суздаль В.Г. Введение в прикладную теорию игр. М.: Наука, 1981. 334 с.
22. Елисеева И.И., Рукавишников В.О. Группировка, корреляция и распознавание образов. М.: Статистика, 1977. 114 с.
23. Золотов Е.В., Ионичевский В.А., Кондратьев А.И., Савин С.З. Информационное моделирование живых систем. Владивосток: Дальнаука, 1991.
24. Исраилов А.М., Турков С.Л., Рыбкин М.Ю. Оптимальные алгоритмы распознавания свойств конфликтных ситуаций / Теоретико-игровые методы в разработке информационно-распознающих систем. Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. С. 38-41.
25. Киселев В.И. Основы моделирования системы информационного обеспечения процесса раскрытия и расследования преступлений Хабаровск: Дальневосточный юридический институт МВД РФ, 2002. 144 с.
26. Кондратьев А.И. Коалиционные игры с реализациями // Кибернетика, 1979, N 6. С. 100-106.
27. Кондратьев А.И. Теоретико-игровые модели в задачах распознавания. М.: Наука, 1986. 285 с.
28. Кондратьев А.И., Исраилов А.М., Полумиенко С.К., Савин С.З., Семидел Е.П. Теоретико-игровой распознающий метод: информационная, алгоритмическая и программная реализация. Хабаровск: ВЦ ДВНЦ АН СССР, 1986. 76 с.
29. Кондратьев А.И., Савин С.З. Теоретико-игровой подход к разработке систем управления социальной сферой // Математические аспекты эргономического обеспечения создания новой техники. Хабаровск: Хабаровский межотр. терр. центр НТИиП, 1986. С. 250-253.
30. Кондратьев А.И., Полумиенко С.К., Стогний А.А. Построение структурных теоретико-игровых моделей сложных систем. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1987. 32 с.
31. Кондратьев А.И. Теоретико-игровые распознающие алгоритмы. М.: Наука, 1990. 272 с.
32. Короленко Ц.П., Дмитриева Н.В. Социодинамическая психиатрия. Екатеринбург: Академический Проект; Деловая книга, 2000. 463 с.
33. Косых Н.Э., Савин С.З., Десятов А.Ю. Модели и методы популяционных эпидемиологических исследований социально значимых заболеваний. Владивосток: Дальнаука, 2006. 148 с.

34. Кукушкин Н.С., Морозов В.В. Теория неантагонистических игр. М.: Изд-во МГУ, 1984. 104 с.
35. Логинов И.П., Савин С.З., Сергина В.А., Солодкая Е.В. Этнонаркологические особенности Приамурья // Вестник общественного здоровья и здравоохранения Дальнего Востока России. [Электронный научно-практический журнал]. 2014. № 4 (17). с. 9.
36. Малиновский Л.Г. Анализ статистических связей. Модельно-конструктивный подход. М.: Наука, 2002. 688 с.
37. Математические методы в социальных науках. М.: Прогресс, 1973. 288 с.
38. Математические методы в теории систем. М.: Мир, 1979. 328 с.
39. Менделевич В.Д. Наркозависимость и коморбидные расстройства поведения. М.: МЕДпресс-информ. 2003. 328 с.
40. Наркология. Под ред. Фридман А.С., Флеминг Н.Ф., Робертс Д.Г., Хайман С.Е. М., Спб.: Изд-во «БИНОМ»-«Невский диалект», 1998. 316 с.
41. Нейман Дж., Моргенштерн О. Теория игр и экономическое поведение. М.: Наука, 1970. 707 с.
42. Петросян Л.А., Данилов Н.Н. Кооперативные дифференциальные игры и их применения. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1985. 275 с.
43. Полумиенко С.К. Дескриптивное моделирование эколого-экономических систем // Проблемы информатики города, Киев, Наукова думка, 1991. С. 27-45.
44. Полумиенко С.К. О расширениях коалиционных игр // Кибернетика и системный анализ. 1992. № 1. С.107-115.
45. Полумиенко С.К. Коалиционные стохастические игры // Кибернетика и системный анализ. 1993. № 1. С. 82-93.
46. Полумиенко С.К. О решении многоуровневых коалиционных динамических игр // Кибернетика и системный анализ. 1997. № 5. С. 76-85.
47. Полумиенко С.К. Методы эвристического моделирования // Искусственный интеллект, No.1'2002. С. 19-30.
48. Полумиенко С.К. О расширениях коалиционных игр // Кибернетика и системный анализ. 1992. № 1. С. 107-115.
49. Полумиенко С.К., Савин С.З., Турков С.Д. Информационные модели и методы принятия решений в региональных эколого-экономических системах. Владивосток: Дальнаука, 2007. 346 с.
50. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика. М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. 288 с.
51. Ракицкий Г.Ф., Демчева Н.К. Состояние психического здоровья населения Хабаровского края в 2011 г. // Вестник неврологии, психиатрии и нейрохирургии. 2013. № 2. С. 21-33.
52. Робертс Ф.С. Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам. М.: Наука, 1986. 496 с.
53. Саати А. Математические модели конфликтных ситуаций. М.: Сов.радио. 1977. 302 с.
54. Савин С.З. Интеграция данных // Человек и ЭВМ. Хабаровск: ДВНЦ АН СССР, 1977. С. 21-52.
55. Себер Дж. Линейный регрессионный анализ. М.: Мир, 1980. 456 с.
56. Стогний А.А., Кондратьев А.И. Информационные системы в управлении. Киев: Изд-во о-ва «Знание» УССР, 1980. 48 с.
57. Стогний А.А., Кондратьев А.И. Теоретико-игровое информационное моделирование в системах принятия решений. Киев: Наук. думка, 1986. 181 с.
58. Varabash P.I., Kolotilin G.F., Savin S.Z. Information models of addictional group behavior / European Journal Of Natural History, №2, 2007. P. 135.
59. Peele S. How much is too much: Healthy habits or destructive addictions. Prentice Hall Publishers, New York. 1981. 141 P.

Стаття надійшла до редакції 12.01.2016

РЕФЕРАТИ / ABSTRACTS

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ INFORMATION TECHNOLOGY IN ECONOMY

УДК 004.77

Оцінка платоспроможності потенційних клієнтів компанії / Вохозка М., Роуланд З., Врбка Я. // Математичне моделювання в економіці. – 2016. – №1. – С. 5–18.

Будівельна галузь є однією з ключових галузей всіх розвинених економік світу. Раніше інших галузей вона вказує на потенційні проблеми національної економіки. Раніше інших галузей вона вказує і на потенційне поліпшення економіки, яка виходить з рецесії або навіть з кризи.

Метою цієї статті є використання нейронних мереж для прогнозування можливих фінансових труднощів будівельних компаній в Чеській Республіці.

Для моделювання конкретної нейронної мережі були використані дані про всі будівельні компанії в Чеській Республіці в період 2003–2013 рр. Таким чином, файл даних містить майже 67 000 записів про компанії в окремі роки. Конкретно, мова йде про всі дані, включаючи річний баланс та інші позабухгалтерські дані (напр., дані про співробітників компаній).

Для моделювання конкретної нейронної мережі були використані: лінійна мережа, імовірнісна нейронна мережа (PNN), узагальнено-регресійна нейронна мережа (GRNN), радіально-базисна мережа (RBF), тришарова перцептронна мережа (TLP) і чотирьохшарова перцептронна мережа (FLP).

Результатом проведення аналізу є конкретна модель штучної нейронної мережі, яка може з більш ніж 90% точністю визначити, чи компанія може подолати потенційні фінансові труднощі, або компанія збанкрутує протягом декількох років, або вона збанкрутує протягом одного календарного року. Частиною тексту є і основні статистичні характеристики досліджуваного файлу і досягнутого результату (аналіз чутливості, матриця неточностей та інші).

На практиці модель можуть використовувати як керівники будівельних компаній, інвестори, які шукають відповідні компанії для вкладення капіталу, так і конкуренти або інші суб'єкти.

УДК 004.77

Оценка платежеспособности потенциальных клиентов компании / Вохозка М., Роуланд З., Врбка Я. // Математическое моделирование в экономике. – 2016. – №1. – С. 5–18.

Строительная отрасль является одной из ключевых отраслей всех развитых экономик мира. Раньше других отраслей она указывает на потенциальные проблемы национальной экономики. Раньше других отраслей она указывает и на потенциальное улучшение экономики, которая выходит из рецессии или даже из кризиса.

Целью этой статьи является использование нейронных сетей для прогнозирования возможных финансовых трудностей строительных компаний в Чешской Республике.

Для моделирования конкретной нейронной сети были использованы данные о всех строительных компаниях в Чешской Республике в период 2003–2013 гг. Таким

образом, файл данных содержит почти 67 000 записей о компаниях в отдельные годы. В частности речь идёт о всех данных, включая годовой баланс и другие внебухгалтерские данные (напр., данные о сотрудниках компаний).

Для моделирования конкретной нейронной сети были использованы: линейная сеть, вероятностная нейронная сеть (PNN), обобщённо-регрессионная нейронная сеть (GRNN), радиально-базисная сеть (RBF), трехслойная персептронная сеть (TLP) и четырехслойная персептронная сеть (FLP).

Результатом проведения анализа является конкретная модель искусственной нейронной сети, которая может с более чем 90% точностью определить, в состоянии ли компания преодолеть потенциальные финансовые трудности, или компания обанкротится в течение нескольких лет, или она обанкротится в течение одного календарного года. Частью текста являются и основные статистические характеристики исследуемого файла и достигнутого результата (анализ чувствительности, матрица неточностей и другие).

На практике модель могут использовать как руководители строительных компаний, инвесторы, которые ищут подходящие для вложения капитала компании, так и конкуренты или другие субъекты.

УДК 004.942

Алгоритм аппроксимации функций с использованием метода Дж. Зойтендейка / Кряжич О.А. // Математическое моделирование в экономике. – 2016. – №1. – С. 19–29.

В статье рассматривается вариант кусочно-полиномиальной аппроксимации с применением метода возможных направлений. Рассмотрена возможность применения метода Дж. Зойтендейка для решения задач описания сложных функций. Представлен алгоритм и первичная компьютерная программа. Сделаны выводы с определением практической ценности представленных исследований.

UDC 004.942

The algorithm of approximation of functions by using method G. Zoutendijk / Kryazhych O.O. // Mathematical modelling in economy. – 2016. – №1. – P. 19–29.

The paper examines an option piecewise polynomial approximation using the application method "possible directions". Proven method G. Zoutendijk to solve problems of a description of complex functions. The algorithm and computer program are presented with the aim of further implementation of the method. The practical value of the research is defined. The conclusions are made.

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

УДК 330.101

Як вірування-переконання, що супроводжували виникнення і розвиток капіталізму, університету і математики, рішучим чином вплинули на формування інституту магістрального напрямку економічної дисципліни / Єфімов В.М. // Математичне моделювання в економіці. – 2016. – №1. – С. 30–58.

У статті доводиться, що магістральний напрям економічної дисципліни, яка в даний час включає в себе таку піддисципліну, як нова інституціональна економічна теорія, сформувався під вирішальним впливом трьох інститутів (капіталізму, університету та математики), які нав'язали професії економістів їх основні вірування-переконання. Це такі вірування-переконання: «Laissez-faire», або шкідливість державного втручання в економіку; «Економічні знання мають апріорний і екзегетичний характер»; «Всі математичні об'єкти існують у дійсності»; «Краса є важливим критерієм оцінки

теоретичних побудов»; «Наукове дослідження є грою з аксіомами і правилами виведення». Через ці вірування-переконання магістральний напрям економічної дисципліни, заснований на математичних побудовах, довільно запозичених з фізики дев'ятнадцятого століття, залишається пізнавально стерильним і соціально шкідливим.

УДК 330.101

Как верования-убеждения, сопровождавшие возникновение и развитие капитализма, университета и математики, решительным образом повлияли на формирование института магистрального направления экономической дисциплины / Ефимов В.М. // Математическое моделирование в экономике. – 2016. – №1. – С. 30–58.

В статье доказывается, что магистральное направление экономической дисциплины, которая в настоящее время включает в себя такую поддисциплину, как новая институциональная экономическая теория, сформировалось под решающим влиянием трех институтов (капитализма, университета и математики), которые навязали профессии экономистов их основные верования-убеждения. Это такие верования-убеждения: «Laissez-faire», или вредность государственного вмешательства в экономику; «Экономические знания имеют априорный и экзегетический характер»; «Все математические объекты существуют в действительности»; «Красота является важным критерием оценки теоретических построений»; «Научное исследование является игрой с аксиомами и правилами вывода». Из-за этих верований-убеждений магистральное направление экономической дисциплины, основанное на математических построениях, произвольно взятых из физики девятнадцатого века, остается познавательно стерильным и социально вредным.

УДК 336.711.(477)

Модели стресс-тестирования для оценки рисков банков / Бортников Г.П., Любич А.А. // Математическое моделирование в экономике. – 2016. – №1. – С. 59–73. Модели стресс-тестов следует разделять по видам рисков, комплексности и другим критериям. Стресс-тесты должны быть комплексными и более регулярными, особенно для крупных банков, и включать дополнительно риски репутации, операционный риск; результаты стресс-тестирования крупных банков должны публиковаться регулятором. Данный инструмент следует использовать для оценки потребности банка в дополнительном капитале как буфере, уменьшения экспозиций под риском и применения способов смягчения рисков.

UDC 336.711.(477)

Modelling stress-tests to assess risks of banks / Bortnikov G.P., Luybich O.O. // Mathematical modeling in economy. – 2016. – №1. – P. 59–73.

Models of stress tests should be subdivided by type of risk, complexity and other criteria. Stress tests should be more regular and complex, especially for large banks, and cover reputational and operational risks; the regulator has to publish results of stress tests of major banks. This tool is designed to assess the need in additional bank capital as a buffer, for reducing exposure at risk and developing manners to mitigate risks.

УДК 629.039.58; 004.942

Модель управления персоналом предприятий, работающих с тритием / Коваленко А.В. // Математическое моделирование в экономике. – 2016. – №1. – С. 74–84.
В статье представлено описание возможных аварийных ситуаций, которые возникают в процессе работы предприятий, использующих изотоп водорода тритий. Приведены расчеты максимальной приземной концентрации и поступления трития в организм персонала категории Б через органы дыхания при аварийном выбросе в атмосферу. Обоснована модель управления персоналом с целью недопущения аварийных ситуаций на объекте. Сделаны выводы и обозначены перспективы дальнейших исследований по использованию математических методов для прогнозирования и моделирования безопасности работы предприятий, работающих с тритием.

UDC 629.039.58; 004.942

The model of personnel management the enterprises working with tritium / Kovalenko O.V. // Mathematical modeling in economy. – 2016. – №1. – P. 74–84.
The article presents a description of possible emergency situations that arise in the process of work that uses the hydrogen isotope tritium. The calculations of maximum ground concentration and flow of tritium in the human body for employees in category B. This is possible with emergency release through the human respiratory tract admission. The model of personnel management to prevent emergency situations at the facility is substantiated. Conclusions are made. Also the perspectives of future research on the use of mathematical methods for predicting and modeling the safe operation of enterprises who work with tritium.

УДК 330.34

Использование метода последовательных уступок для решения задачи повышения рентабельности производства малого предприятия / Квик М.Я., Цегелик Г.Г., Добуляк Л.П. // Математическое моделирование в экономике. – 2016. – №1. – С. 85–91.

Предложено использование метода последовательных уступок для решения задачи повышения рентабельности производства. Приводится алгоритм решения задачи в общем случае и его использование для решения конкретного примера.

UDC 330.34

Using the method of successive concessions to solve the problem of increasing the profitability of a small enterprises / Kvyck M.Ya., Tsehelyk H.H., Dobuliak L.P. // Mathematical modeling in economy. – 2016. – №1. – P. 85–91.

The article proposed the method of successive concessions to solve the problem of increasing profitability. An algorithm for solving the problem in general and its use to solve specific example is considered.

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

УДК 004.942

Количественная оценка риска ущербов от аварий на потенциально опасных объектах / Стефанишин Д.В., Романчук Е.Г. // Математическое моделирование в экономике. – 2016. – №1. – С. 92–99.

Рассмотрено задачу количественной оценки рисков ущербов от аварий на потенциально опасных объектах с учетом возможности развития аварий по разным сценариям. Задача решается в рамках сценарного подхода с использованием байесовского преобразования вероятностей аварийных событий.

UDC 004.942

Quantifying the risks of losses from accidents at potentially dangerous structures / Stefanyshyn D.V., Romanchuk K.G. // *Mathematical modeling in economy.* – 2016. – №1. – P. 92–99.

The problem of quantifying the risk of losses from accidents at potentially dangerous structures in view of possible development of accidents under different scenarios was considered. The problem is solved within the scenario approach using Bayesian probability conversion emergency events.

УДК 004.942 + 517.958: 343,976

Проблеми моделювання тіньової економіки на прикладі нелегального обігу психоактивних речовин / Кисельов В.І., Полумієнко С.К., Левкова О.А., Будницький О.О., Савін С.З. // *Математичне моделювання в економіці.* – 2016. – №1. – С. 100–115.

Розглянуто підходи до створення дескриптивних моделей економіко-кримінологічних систем на прикладі схем незаконного обігу психоактивних речовин. Системний аналіз наркологічної ситуації дозволив виявити соціально-кримінологічні та етнонаркологічні особливості Далекого Сходу Росії.

UDC 004.942 + 517.958: 343,976

Modelling problems of a shadow economy on an example of an illegal turnover of psychoactive substances / Kiselev V.I., Polumiienko S.K., Levkova E.A., Budnitski A.A., Savin S.Z. // *Mathematical modelling in economy.* – 2016. – №1. – P. 100–115.

Approaches to making of descriptive models of economic and criminological systems on an example of circuits of illegal turnover of psychoactive substances are considered. System analysis of a narcological situation has allowed to detect socio-criminological and ethnonarcological features of the Far East of Russia.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Бортніков Геннадій Петрович – кандидат економічних наук, старший науковий співробітник відділу координації бюджетно-податкової та грошово-кредитної політики, ДННУ «Академія фінансового управління» (Україна, м. Київ).

Будницький Олександр Олександрович – асистент кафедри психіатрії та наркології Далекосхідного державного медичного університету (ДВГМУ) (Росія, м. Хабаровськ).

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

Врбка Яромір – аспірант Жилінського університету (Словацька Республіка, м. Жилін).

Добуляк Леся Петрівна – Львівський національний університет ім. Івана Франка, факультет прикладної математики та інформатики, кафедра математичного моделювання соціально-економічних процесів, асистент кафедри (Україна, м. Львів).

Сфімов Володимир Максович – доктор економічних наук, незалежний дослідник, викладач і консультант. Викладав у вищих навчальних закладах Франції і Швейцарії. (Франція, м. Ле-Петі-Борнан-ле-Гліер).

Квик Маріанна Ярославівна – кандидат економічних наук, асистент кафедри вищої математики, економетрії і статистики Львівської комерційної академії (Україна, м. Львів).

Кисельов Валерій Іванович – доцент кафедри інформатики Хабаровського державного університету мистецтв і культури (Росія, м. Хабаровськ).

Коваленко Олександр Васильович – кандидат технічних наук, в.о. завідувача відділом ядерної фізики, завідувач лабораторією ФТПДЯВ Інституту ядерних досліджень НАН України (Україна, м. Київ).

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

Левкова Олена Анатоліївна – доктор медичних наук, професор кафедри загальної, юридичної та інженерної психології Далекосхідного державного університету шляхів сполучення, (Росія, м. Хабаровськ).

Любіч Олександр Олексійович – доктор економічних наук, професор, заслужений економіст України, завідувач відділу координації бюджетно-податкової та грошово-кредитної політики, ДННУ «Академія фінансового управління» (Україна, м. Київ).

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

Романчук Катерина Геннадіївна – аспірант Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України (Україна, м. Київ).

Роуланд Зюзана – докторант Інституту Технології і Бізнесу (Чеська Республіка, м. Чеські Будейовиці).

Савін Сергій Зіновійович – кандидат технічних наук, завідувач лабораторією медичної інформатики Обчислювального центру Далекосхідного відділення Російської академії наук (ВЦ ДВО РАН), (Росія, м. Хабаровськ).

Стефанишин Дмитро Володимирович – доктор технічних наук, провідний науковий співробітник, професор кафедри гідротехнічних споруд Національного університету водного господарства та природокористування (НУВГП) (Україна, м. Рівне).

Цегелик Григорій Григорович – доктор фізико-математичних наук, професор. Львівський національний університет ім. Івана Франка, факультет прикладної математики та інформатики, кафедра математичного моделювання соціально-економічних процесів, завідувач кафедри (Україна, м. Львів).

© 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.mmejournal.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 24.03.2016. Формат 70X108/16. Папір офсетний.
Офсетний друк. Умовн. друк. арк. 10.2
Обл.-вид. арк. 11.6 Тираж 300 примірників Замовлення №

КИЇВ 2016