Розділ 3
Моделі та технології обробки фінансової інформації

УДК 330.4:519.86

Kuznichenko V. M.
PhD of Physico-mathematical sciences, Association professor
Kharkov Institute of Finance of the Ukrainian State University of Finance and International Trade, Ukraine; e-mail: kyznichenko_v_m@mail.ru

CONTINUOUS LINEAR MODEL OF INTERNATIONAL TRADE

Abstract. The continuous linear model of international trade is built. It is based on the theory of probability processes – namely Markov chains. The model allows for the analysis of the continuous fluxes of goods and funds between trade partners, provided that the rules of the trade agreement are defined. Therefore, the model can improve the process of planning trade relations and also helps to control their effective implementation. The results of the model coincide with the results of the discrete model at the moments of time proportional to the step of the discrete model.

Keywords: Markov chains , z- transform , linear differential equations , Laplace transforms.
Formulas: 23; fig.: 0; tabl. 0; bibl.:23
JEL Classification: F 10, F 17, F 29, F 47

Кузниченко В. М.
к.ф.-м.н., доцент, Харківський інститут фінансів Українського державного університету фінансів та міжнародної торгівлі, Україна;
e-mail: kyznichenko_v_m@mail.ru

БЕЗПЕРЕРВНА ЛІНІЙНА МОДЕЛЬ МІЖНАРОДНОЇ ТОРГІВЛІ

Анотація. Побудована безперервна лінійна модель міжнародної торгівлі. В її основі лежить теорія імовірнісних процесів - ланцюгів Маркова. Модель дозволяє простежити при заданих правилах договірних відносин безперервно в часі товарно - грошові потоки між учасниками договору . Це дає можливість поліпшити планування договірних відносин і забезпечити контроль за їх виконанням. Результати отриманої моделі збігаються з результатами дискретної моделі в моменти часу, кратні кроку останньої.

Ключові слова: ланцюги Маркова , z -перетворення , лінійні диференціальні рівняння , перетворення Лапласа.
Формул: 23; рис.: 0; табл.: 0, бібл.: 23

Кузниченко В. М.
к.ф.-м.н., доцент, Харьковский институт финансов Украинского государственного университета финансов и международной торговли, Украина;
e-mail: kyznichenko_v_m@mail.ru.

НЕПРЕРЫВНАЯ ЛИНЕЙНАЯ МОДЕЛЬ МЕЖДУНАРОДНОЙ ТОРГОВЛИ

Аннотация. Построена непрерывная линейная модель международной торговли. В её основе лежит теория вероятностных процессов – цепей Маркова. Модель позволяет проследить при заданных правилах договорных отношений непрерывно во времени товарно-денежные потоки между участниками договора. Это даёт возможность улучшить планирование договорных отношений и обеспечить контроль за их выполнением. Результаты полученной

модели совпадают с результатами дискретной модели в моменты времени, кратные шагу последней.

Ключевые слова: цепи Маркова, z-преобразование, линейные дифференциальные уравнения, преобразование Лапласа.

Формул: 23; рис.: 0; табл.: 0, бібл.: 23

Preamble. In this time of globalization, international trade plays a big role in the foreign economic policy of nations. Specialists predict that within the next ten years, globalization will yield a greater increase in international trade than in GDP. The creation of transnational companies, euro regions, the increase in number of regional unifications and international cooperation are just a few examples of the many economic processes that are intensely developing as a result of international economic integration and that are changing the composition of world trade [1,2]. Therefore, the development and study of models of international trade has become more important than ever.

Many Ukrainian scientists such as О. Г. Белорус [3,4], А. С. Гальчинский [5], Д. Г. Лукъяненко [3,6], Ю. В. Макогон [7,8], А. С. Филипенко [9,10], taking into account the importance of international trade to the development of the global economy, have studied the current state and likely development characteristics of international trade of many countries, including Ukraine. The studies over the last few years have shown an increase in world trade following the economic crisis, a continued rise of transnational companies and regional unifications, as well as the necessity for Ukraine to have diverse international trade [1,11-14]. Serious attention is paid to the external trade safety of Ukraine, which must provide an effective realization of advantages as well as an increase in export potential and a rationalization of import structure [15,16].

A small number of articles on models of international trade suggest logistical infrastructures of international trade [17], linear models of international trade that use a probability-based approach – Markov chains [18-20]. However, these models describe discrete trade processes.

Formulation of the problem. The goal of the present article is the creation of a linear model of international trade based on the Markov chains. With the help of this model, it will be possible to analyse and plan, in a continuous fashion, the fluxes of goods and funds between trade partners.

Results of analysis. The discrete model of international trade that describes the exchange of goods and funds between trade partners uses the ergodic matrix L [21]. The process of transition from one state to another in this process is described by the following equation:

$$\overline{p}(n) = \overline{p}(0)L^n, \qquad n = 0,1,2,... \tag{1}$$

In order to achieve the goals set above, we will built a Markov process with continuous time [21], which in moments of time proportional to the discrete time step will have the same probability sets as the discrete model.

If we assume that the transitions from one state to another occur over random intervals of time, then these transitions can be described by Markov processes with continuous time. In this case, the parameters of the process are intensities – not transition probabilities. Let's use the symbol a_{ij} to denote the intensity of the transition from the state i to the state j, assuming that $i \neq j$. The values a_{ij} are defined in the following way: over an infinitely small period of time dt the process in the state i will perform a transition to the state j with the probability $a_{ij}dt \quad (i \neq j)$. The probability of two or more transitions during the time dt is considered to be infinitely small when $dt \to 0$. We will assume that the intensities a_{ij} don't depend on time.

We can now describe the continuous-time Markov process with the transition intensity matrix A with the components a_{ij}, whose diagonal elements are obtained with the help of additional conditions.

The probability that the system is in the state i at the moment t is called the state probability $p_i(t)$, by analogy with $p_i(n)$. The state probabilities at $(t+dt)$ can be correlated with the state probabilities at t with the help of the following equations:

$$p_j(t+dt) = p_j(t)[1-\sum_{i\neq j} a_{ji}dt] + \sum_{i\neq j} a_{ij}\,p_i(t)dt \qquad j=\overline{1,N} \tag{2}$$

Let's define the diagonal elements of the matrix A with the following formula:

$$a_{jj} = -\sum_{i\neq j} a_{ij} \tag{3}$$

then the equation (2), after using (3), takes on the following form:

$$p_j(t+dt) = p_j(t)[1+a_{jj}dt] + \sum_{i\neq j} p_i(t)a_{ij}dt$$

or

$$p_j(t+dt) - p_j(t) = \sum_{i=1}^{N} p_i(t)a_{ij}dt \tag{4}$$

Dividing both sides of the last equation by dt and taking the limit $dt \to 0$, we obtain

$$p_j^{'}(t) = \sum_{i=1}^{N} p_i(t)a_{ij} \qquad j=\overline{1,N} \tag{5}$$

The equations (5) are a system of linear differential equations with constant coefficients. They relate the state probabilities with the intensity matrix A. In order to solve it, we need to know the initial conditions $p_i(0)$.

In matrix form, the equations (5) have the following form:

$$\frac{d}{dt}\overline{p}(t) = \overline{p}(t)A \ , \tag{6}$$

here, $\overline{p}(t)$ is the probability vector at the moment t. The elements of the intensity matrix A define the intensity of transitions from state to state, while the diagonal elements are defined by (3). Therefore, the sum of all elements in each line of A is equal to zero. These matrices are called "differential matrices".

Let's apply the Laplace transform $(\overline{p}(t) \leftrightarrow P(s))[21]$ to equation (6):

$$sP(s) - \overline{p}(0) = P(s)A$$

or

$$P(s)(sI - A) = \overline{p}(0), \tag{7}$$

where

$$P(s) = \int_0^{\infty} \overline{p}(t)e^{-st}dt,$$

and I is a unit matrix. From (7), we obtain the following:

$$P(s) = \overline{p}(0)(sI - A)^{-1} \tag{8}$$

The matrix $(sI - A)^{-1}$ fully describes the behaviour of Markov processes with continuous time.

It is known that the solution of the system (6) with the initial conditions $\overline{p}(0)$ has the following form:

$$\overline{p}(t) = \overline{p}(0)e^{At}, \tag{9}$$

where the matrix function e^{At} must be understood as a power series

$$I + tA + \frac{t^2}{2!}A^2 + \frac{t^3}{3!}A^3 + \dots,$$

that converges to e^{At}.

Recall that (1) describes discrete processes. When $t = n$, we obtain the following equality:

$$e^A = L,\ A = \ln L \tag{10}$$

The transformation of matrix functions into polynomials is done with the help of the Cayley-Hamilton theorem, and it is described in detail in [22,23].

As an example, let's show the method of construction of a continuous linear model of international trade, for which the stochastic ergodic probability matrix has the following form:

$$L = \begin{pmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} \\ \frac{1}{8} & \frac{3}{4} & \frac{1}{8} \\ \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & \frac{1}{2} \end{pmatrix} \tag{11}$$

Applying the z-transformation [21] to the equation (1), we find the analytical form of the solution of the discrete problem:

$$\overline{p}(n) = \overline{p}(0)[\begin{pmatrix} \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & \frac{1}{4} \\ \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & \frac{1}{4} \\ \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{pmatrix} + \left(\frac{1}{2}\right)^n \begin{pmatrix} \frac{1}{4} & -\frac{1}{2} & \frac{1}{4} \\ -\frac{1}{4} & \frac{1}{2} & -\frac{1}{4} \\ \frac{1}{4} & -\frac{1}{2} & \frac{1}{4} \end{pmatrix} + \left(\frac{1}{4}\right)^n \begin{pmatrix} \frac{1}{2} & 0 & -\frac{1}{2} \\ 0 & 0 & 0 \\ -\frac{1}{2} & 0 & \frac{1}{2} \end{pmatrix}] \tag{12}$$

Let's build the continuous model of this problem. To do this, let's find the matrix A. We look for the characteristic polynomial of the matrix L:

$$\Delta_L(\lambda) = \begin{vmatrix} \lambda - \frac{1}{2} & -\frac{1}{4} & -\frac{1}{4} \\ -\frac{1}{8} & \lambda - \frac{3}{4} & -\frac{1}{8} \\ -\frac{1}{4} & -\frac{1}{4} & \lambda - \frac{1}{2} \end{vmatrix} = (\lambda - 1)(\lambda - \frac{1}{2})(\lambda - \frac{1}{4}) \tag{13}$$

All of the roots of the characteristic polynomial are simple. Because of this, the characteristic polynomial coincides with the minimal polynomial $\psi(\lambda) = \Delta_L(\lambda)$. The spectre of the matrix L will be written as Λ_L, and it is equal to the following:

$$\Lambda_L = \left\{\frac{1}{4};\ \frac{1}{2};\ 1\right\}$$

The function $f(\lambda) = \ln(\lambda)$ is defined on the spectrum of the matrix L.

If the function $f(\lambda)$ is defined on the spectrum of the matrix and $g(\lambda)$ is any polynomial that coincides with $f(\lambda)$ on the spectrum of the matrix L (as in, $f(\Lambda_L) = g(\Lambda_L)$), then by definition

$$f(L) = g(L) \tag{14}$$

This polynomial can be obtained in several ways. In our case, the lowest-order polynomial $g(\lambda)$ defined on the spectrum of the matrix L, will have the following form:

$$g(\lambda) = a\lambda^2 + b\lambda + c.$$

Let’s compose the system of linear algebraic equations and obtain its solution:

$$\begin{cases} g(1) = f(1) = 0 = a + b + c \\ g(\frac{1}{2}) = f(\frac{1}{2}) = \ln(\frac{1}{2}) = \frac{1}{4}a + \frac{1}{2}b + c \\ g(\frac{1}{4}) = f(\frac{1}{4}) = \ln(\frac{1}{4}) = \frac{1}{16}a + \frac{1}{4}b + c \end{cases} \tag{15}$$

a= 8/3*ln(1/2), b = -6*ln(1/2), c = 10/3*ln(1/2).

In this case, the matrix A is equal to the following:

$$A = \ln(L) = (\frac{8}{3}L^2 - 6L + \frac{10}{3}I)\ln(\frac{1}{2}) = \ln(2)\begin{pmatrix} -\frac{5}{4} & \frac{1}{2} & \frac{3}{4} \\ \frac{1}{4} & -\frac{1}{2} & \frac{1}{4} \\ \frac{3}{4} & \frac{1}{2} & -\frac{5}{4} \end{pmatrix}. \tag{16}$$

Let’s obtain the matrix sI−A:

$$sI - A = \begin{pmatrix} s + \frac{5}{4}\ln 2 & -\frac{1}{2}\ln 2 & -\frac{3}{4}\ln 2 \\ -\frac{1}{4}\ln 2 & s + \frac{1}{2}\ln 2 & -\frac{1}{4}\ln 2 \\ -\frac{3}{4}\ln 2 & -\frac{1}{2}\ln 2 & s + \frac{5}{4}\ln 2 \end{pmatrix} \tag{17}$$

Its inverse matrix is equal to the following:

$$(sI - A)^{-1} = \begin{pmatrix} \frac{s^2 + \frac{7}{4}s\ln 2 + \frac{1}{2}(\ln 2)^2}{s(s+\ln 2)(s+2\ln 2)} & \frac{\frac{1}{2}s\ln 2 + (\ln 2)^2}{s(s+\ln 2)(s+2\ln 2)} & \frac{\frac{3}{4}s\ln 2 + \frac{1}{2}(\ln 2)^2}{s(s+\ln 2)(s+2\ln 2)} \\ \frac{\frac{1}{4}s\ln 2 + \frac{1}{2}(\ln 2)^2}{s(s+\ln 2)(s+2\ln 2)} & \frac{s^2 + \frac{5}{2}s\ln 2 + (\ln 2)^2}{s(s+\ln 2)(s+2\ln 2)} & \frac{\frac{3}{4}s\ln 2 + \frac{1}{2}(\ln 2)^2}{s(s+\ln 2)(s+2\ln 2)} \\ \frac{\frac{3}{4}s\ln 2 + \frac{1}{2}(\ln 2)^2}{s(s+\ln 2)(s+2\ln 2)} & \frac{\frac{1}{2}s\ln 2 + (\ln 2)^2}{s(s+\ln 2)(s+2\ln 2)} & \frac{s^2 + \frac{7}{4}s\ln 2 + \frac{1}{2}(\ln 2)^2}{s(s+\ln 2)(s+2\ln 2)} \end{pmatrix}. \tag{18}$$

Simplifying it, we obtain

$$(sI - \grave{A})^{-1} = \frac{1}{s}\begin{pmatrix} \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & \frac{1}{4} \\ \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & \frac{1}{4} \\ \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & \frac{1}{4} \end{pmatrix} + \frac{1}{(s+\ln 2)}\begin{pmatrix} \frac{1}{4} & -\frac{1}{2} & \frac{1}{4} \\ -\frac{1}{4} & \frac{1}{2} & -\frac{1}{4} \\ \frac{1}{4} & -\frac{1}{2} & \frac{1}{4} \end{pmatrix} + \frac{1}{(s+2\ln 2)}\begin{pmatrix} \frac{1}{2} & 0 & -\frac{1}{2} \\ 0 & 0 & 0 \\ -\frac{1}{2} & 0 & \frac{1}{2} \end{pmatrix} \tag{19}$$

Let’s assume that the matrix $H(t)$ is the inverse transformation of the matrix $(sI - A)^{-1}$. Then, the inverse transformation transforms the equation (8) into

$$\overline{p}(t) = \overline{p}(0)H(t) \tag{20}$$

using the Laplace transform, we obtain

$$\overline{p}(t)=\overline{p}(0)[\begin{pmatrix}\frac{1}{4}&\frac{1}{2}&\frac{1}{4}\\ \frac{1}{4}&\frac{1}{2}&\frac{1}{4}\\ \frac{1}{4}&\frac{1}{2}&\frac{1}{4}\end{pmatrix}+e^{-t\ln 2}\begin{pmatrix}\frac{1}{4}&-\frac{1}{2}&\frac{1}{4}\\ -\frac{1}{4}&\frac{1}{2}&-\frac{1}{4}\\ \frac{1}{4}&-\frac{1}{2}&\frac{1}{4}\end{pmatrix}+e^{-2t\ln 2}\begin{pmatrix}\frac{1}{2}&0&-\frac{1}{2}\\ 0&0&0\\ -\frac{1}{2}&0&\frac{1}{2}\end{pmatrix}] \qquad (21)$$

comparing (9) with (21), we see that $H(t)$

$$H(t)=\begin{pmatrix}\frac{1}{4}&\frac{1}{2}&\frac{1}{4}\\ \frac{1}{4}&\frac{1}{2}&\frac{1}{4}\\ \frac{1}{4}&\frac{1}{2}&\frac{1}{4}\end{pmatrix}+e^{-t\ln 2}\begin{pmatrix}\frac{1}{4}&-\frac{1}{2}&\frac{1}{4}\\ -\frac{1}{4}&\frac{1}{2}&-\frac{1}{4}\\ \frac{1}{4}&-\frac{1}{2}&\frac{1}{4}\end{pmatrix}+e^{-2t\ln 2}\begin{pmatrix}\frac{1}{2}&0&-\frac{1}{2}\\ 0&0&0\\ -\frac{1}{2}&0&\frac{1}{2}\end{pmatrix}. \qquad (22)$$

When $t=n$, we obtain the following:

$$H(n)=\begin{pmatrix}\frac{1}{4}&\frac{1}{2}&\frac{1}{4}\\ \frac{1}{4}&\frac{1}{2}&\frac{1}{4}\\ \frac{1}{4}&\frac{1}{2}&\frac{1}{4}\end{pmatrix}+e^{-n\ln 2}\begin{pmatrix}\frac{1}{4}&-\frac{1}{2}&\frac{1}{4}\\ -\frac{1}{4}&\frac{1}{2}&-\frac{1}{4}\\ \frac{1}{4}&-\frac{1}{2}&\frac{1}{4}\end{pmatrix}+e^{-2n\ln 2}\begin{pmatrix}\frac{1}{2}&0&-\frac{1}{2}\\ 0&0&0\\ -\frac{1}{2}&0&\frac{1}{2}\end{pmatrix}=$$

$$=\begin{pmatrix}\frac{1}{4}&\frac{1}{2}&\frac{1}{4}\\ \frac{1}{4}&\frac{1}{2}&\frac{1}{4}\\ \frac{1}{4}&\frac{1}{2}&\frac{1}{2}\end{pmatrix}+\left(\frac{1}{2}\right)^n\begin{pmatrix}\frac{1}{4}&-\frac{1}{2}&\frac{1}{4}\\ -\frac{1}{4}&\frac{1}{2}&-\frac{1}{4}\\ \frac{1}{4}&-\frac{1}{2}&\frac{1}{4}\end{pmatrix}+\left(\frac{1}{4}\right)^n\begin{pmatrix}\frac{1}{2}&0&-\frac{1}{2}\\ 0&0&0\\ -\frac{1}{2}&0&\frac{1}{2}\end{pmatrix}. \qquad (23)$$

Therefore, the expression (12) coincides with (22) when $t=n$.

Conclusions. The deficit-less linear model of international trade was built and shown. It allows us to analyse and plan, in a continuous fashion, the fluxes of goods and funds between trade partners. The method of derivation of the model is shown. The model gives the same prognosis as the discrete model at the moments of time proportional to the time step of the discrete model. The continuous model improves the effectiveness of planning and the quality of control in the trade process. It does so continuously, from the start of the trade process to its end.

Литература

1. Кальченко, Т. В. Глобальний етап розвитку міжнародної торгівлі: якісні характеристики та закономірності [Текст] / Т. В. Кальченко // Зовнішня торгівля: економіка, фінанси, право. – 2012. – № 2. – С.23–27.
2. Панкратова, Е. Н. Создание еврорегионов как процесс международной экономической интеграции [Текст] / Е. Н. Панкратова, Л. В. Ечина // Зовнішня торгівля: економіка, фінанси, право. – 2011. – № 5. – С. 11–16.
3. Белорус, О. Г. Глобализация и безопасность развития [Текст] : монография / О. Г. Белорус, Д. Г. Лукьяненко [и др.]. – Киев : КНЕУ, 2002. – 789 с.
4. Білорус, О. Г. Глобальні трансформації торгівлі [Текст] : монографія / О. Г. Білорус, В. І. Власов – Київ : ННЦІАЕ, 2008. – 228 с.
5. Гальчинський, А. С. Глобальні трансформації: концептуальні альтернативи, методологічні аспекти [Текст] : наук. вид. – Київ : Либідь, 2006. – 312 с.
6. Стратегія економічного розвитку в умовах глоболізації [Текст] : монографія / за ред. д.е.н., проф. Д. Г. Лук'яненко – Київ : КНЕУ, 2001. – 482 с.
7. Макогон, Ю. В. Майбутнє України: стратегія поступу [Текст] : монографія / Ю. В. Макогон, І. О. Амоша [та інші]. – Донецьк : НАН України, Академія економічних наук України, 2008. – 304 с.
8. Международная экономическая деятельность Украины [Текст] / Под общей редакцией Ю. В. Макогон. – Донецк : Дон НУ, 2009. – 570 с.
9. Філіпенко, А. С. Глобальні форми економічного розвитку: історія і сучасність [Текст] / А. С. Філіпенко. – Київ : Знання, 2007, – 670 с.
10. Філіпенко, А. С. Міжнародні економічні відносини: теорія [Текст] : підручник / А. С. Філіпенко. – Київ : Либідь, 2008. – 408 с.

11. Рябець, Н. М. Роль ТНК країн, що розвиваються, в умовах посилення диспропорції економічного розвитку країн [Текст] / Н. М. Рябець // Зовнішня торгівля: економіка, фінанси, право. – 2010. - № 2. – С.39–45.

12. Булатова, О. В. Основні тенденції формування регіональної структури світового господарства [Текст] / О. В. Булатова // Проблемы и перспективы развития сотрудничества между странами Юго-Восточной Европы в рамках Черноморского экономического сотрудничества и ГУАМ. – 2011. – Т. 1. – С. 130–359.

13. Мовчан, В. М. Багатовимірність зовнішньо економічної політики як стратегічний вибір України [Текст] / В. М. Мовчан, К. І. Куценко // Зовнішня торгівля: економіка, фінанси, право. – 2010. – № 3. – С. 10–16.

14. Ковалевський, Л. Г. Світова торгівля товарами та послугами у посткризовий період [Текст] / Л. Г. Ковалевський // Зовнішня торгівля: економіка, фінанси, право. – 2012. – № 1. – С. 71–74.

15. Ткаленко, С. І. Зовнішньо торгівельна безпека як складова національної економічної безпеки України [Текст] / С. І. Ткаленко // Зовнішня торгівля: економіка, фінанси, право. – 2010. – № 2. – С. 34–38.

16. Власенко, О. С. Виклики та загрози фінансової безпеці України на середньострокову перспективу [Текст] / О. С. Власюк // Фінанси України. – 2012. – № 5. – С. 3–13.

17. Майорова, І. М. Інноваційні підходи розвитку логістичної інфраструктури системи міжнародної торгівлі [Текст] / І. М. Майорова // Теоретичні і практичні аспекти економіки та інтелектуальної власності. – 2011. – Т. 2. – С. 33–38.

18. Кузниченко, В. М. Энтропия состояний цепей Маркова в линейной модели международной торговли [Текст] / В. М. Кузниченко // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут" : збірник наукових праць. Тематичний випуск: Технічний прогрес і ефективність виробництва. – 2010. – № 58. – С. 14 – 20.

19. Кузниченко, В. М. Вероятностный подход к описанию линейной модели международной торговли [Текст] / В. М. Кузниченко, В. И. Лапшин // Бизнес Информ. – 2010. – № 2. – С. 62–65.

20. Лапшин, В. І. Динамічні характеристики лінійної моделі міжнародної торгівлі [Текст] / В. І. Лапшин, В. М. Кузніченко, В. М. Головій // Зовнішня торгівля: економіка, фінанси, право. – 2010. – № 6. – С. 10–14.

21. Ховард, Р. А. Динамическое программирование и марковские процессы [Текст] / Р. А. Ховард. – М. : "Советское радио", 1964. – 195 с.

22. Гандмахер, Ф. Р. Теория матриц [Текст]. – 4-е изд. – М. : Наука, 1988. – 552 с.

23. Мальцев, А. И. Основы линейной алгебры [Текст]. – 3-е изд., переработанное. – М. : Наука, 1979, – 400 с.

Стаття надійшла до редакції 13.03.2014

References

1. Kalchenko, T. V. (2012). Hlobalnyi etap rozvytku mizhnarodnoi torhivli: yakisni kharakterystyky ta zakonomirnosti. *Zovnishnia torhivlia: ekonomika, finansy, pravo, 2,* 23-27.

2. Pankratova, E. N., & Echyna, L. V. (2011). Sozdanie evrorehionov kak protsess mezhdunarodnoi ekonomicheskoi intehratsii. *Zovnishnia torhivlia: ekonomika, finansy, pravo, 5,* 11-16.

3. Belorus, O. H., & Lukianenko, D. H. (2002). *Hlobalizatsyia i bezopasnost razvitiya*. Kiev: KNEU.

4. Bilorus, O. H., & Vlasov, V. I. (2008). *Hlobalni transformatsii torhivli.* Kyiv: NNTsIAE.

5. Halchynskyi, A. S. (2006). *Hlobalni transformatsii: kontseptualni alternatyvy, metodolohichni aspekty.* Kyiv: Lybid.

6. Lukjanenko, D. H. (Ed.). (2001). *Stratehiia ekonomichnoho rozvytku v umovakh hlobolizatsii.* Kyiv: KNEU.

7. Makohon, Yu. V., & Amosha, I. O. (2008). *Maibutne Ukrainy: stratehiia postupu.* Donetsk: NAN Ukrainy, Akademiia ekonomichnykh nauk Ukrainy.

8. Makohon, Yu. V. (2009). *Mezhdunarodnaia ekonomicheskaia deiatelnost Ukrainu.* Donetsk: Don NU.

9. Filipenko, A. S. (2007). *Hlobalni formy ekonomichnoho rozvytku: istoriia i suchasnist.* Kyiv: Znannia.

10. Filipenko, A. S. (2008). *Mizhnarodni ekonomichni vidnosyny: teoriia.* Kyiv: Lybid.

11. Riabets, N. M. (2010). Rol TNK krain, shcho rozvyvaiutsia, v umovakh posylennia dysproportsii ekonomichnoho rozvytku krain. *Zovnishnia torhivlia: ekonomika, finansy, pravo, 2,* 39–45.

12. Bulatova, O. V. (2011). Osnovni tendentsii formuvannia rehionalnoi struktury svitovoho hospodarstva. *Problemu y perspektyvu razvytyia sotrudnychestva mezhdu stranamy Yuho-Vostochnoi Evropu v ramkax Chernomorskoho ekonomycheskoho sotrudnychestva y HUAM, 1,* 130–359.

13. Movchan, V. M., & Kutsenko, K. I. (2010). Bahatovymirnist zovnishno ekonomichnoi polityky yak stratehichnyi vybir Ukrainy. *Zovnishnia torhivlia: ekonomika, finansy, pravo, 3,* 10–16.

14. Kovalevskyi, L. H. (2012). Svitova torhivlia tovaramy ta posluhamy u postkryzovyi period. *Zovnishnia torhivlia: ekonomika, finansy, pravo, 1,* 71–74.

15. Tkalenko, S. I. (2010). Zovnishno torhivelna bezpeka yk skladova natsionalnoi ekonomichnoi bezpeky Ukrainy. *Zovnishnia torhivlia: ekonomika, finansy, pravo, 2,* 34–38.

16. Vlasenko, O. S. (2012). Vyklyky ta zahrozy finansovoi bezpetsi Ukrainy na serednostrokovu perspektyvu. *Finansy Ukrainy, 5,* 3–13.

17. Maiorova, I. M. (2011). Innovatsiini pidkhy rozvytku lohistychnoi infrastruktury systemy mizhnarodnoi torhivli. *Teoretychni i praktychni aspekty ekonomiky ta intelektualnoi vlasnosti, 2,* 33–38.

18. Kuznychenko, V. M. (2010). Entropyia sostoianyi tsepei Markova v lyneinoi modeli mezhdunarodnoi torhovli. *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu "Kharkivskyi politekhnichnyi instytut": Zbirnyk naukovykh prats. Tematychnyi vypusk: Tekhnichnyi prohres i efektyvnist vyrobnytstva, 58,* 14–20.

19. Kuznichenko, V. M., & Lapshyn, V. I. (2010). Veroiatnostnyi podkhod k opisanyiu lyneinoi modely mezhdunarodnoi torhovli. *Biznes Inform, 2,* 62–65.

20. Lapshyn, V. I., & Kuznichenko, V. M., & Holovii, V. M. (2010). Dynamichni harakterystyky liniinoi modeli mizhnarodnoi torhivli. *Zovnishnia torhivlia: ekonomika, finansy, pravo, 6,* 10-14.

21. Khovard, R. A. (1964). *Dinamicheskoe prohrammirovanie u markovskie protsessy.* Moskva: "Sovetskoe radio".

22. Handmaxer, F. R. (1988). *Teoryia matryts (4-e yzd.).* Moskva: Nauka.

23. Maltsev, A. Y. (1979). *Osnovy lineinoi alhebru (3-e yzd.).* Moskva: Nauka.

Received 13.03.2014