

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет міжнародних економічних відносин

НАЦІОНАЛЬНИЙ ІНСТИТУТ
СТРАТЕГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ УКРАЇНИ

ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ В БРАТИСЛАВІ
Факультет міжнародних відносин

МАТЕРІАЛИ ДОПОВІДЕЙ
МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ

**«МІЖНАРОДНЕ
ЕКОНОМІЧНЕ СПІВРОБІТНИЦТВО:
АНАЛІЗ СТАНУ, РЕАЛІЇ І ПРОБЛЕМИ»**

23-24 лютого 2024 року



Львів-Торунь
Liha-Pres
2024

УДК 339.92(062.552)

М 58

За загальною редакцією:

Палінчак М. М., доктор політичних наук, професор, декан факультету міжнародних економічних відносин Ужгородського національного університету.

Приходько В. П., доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри міжнародних економічних відносин Ужгородського національного університету.

Химинець В. В., доктор економічних наук, доцент, завідувач відділу досліджень Західного регіону в місті Ужгород Національного інституту стратегічних досліджень України.

Людмила Ліпкова, Dr.h.c. prof. Ing., CSc., професорка, завідувачка кафедри міжнародних економічних відносин та економічної дипломатії.

Martin Grešš, PhD., doc. Ing.

Katarína Brocková, doc. Ing. JUDr., PhD., LL.M.

Рецензенти:

Мікловда В. П., доктор економічних наук, професор, член-кореспондент Національної академії наук України.

Ярема В. І., доктор економічних наук, професор.

Міжнародне економічне співробітництво: аналіз стану, реалії і проблеми: матеріали доповідей Міжнародної науково-практичної конференції (м. Ужгород, 23-24 лютого 2024 року) / За заг. ред.: М. М. Палінчак, В. П. Приходько, В. В. Химинець та ін. – Львів-Торунь : Liha-Pres, 2024. – 304 с.

ISBN 978-966-397-363-0

У збірнику викладено матеріали доповідей учасників Міжнародної науково-практичної конференції «Міжнародне економічне співробітництво: аналіз стану, реалії і проблеми» (23-24 лютого 2024 року, м. Ужгород), у яких розглядаються проблеми міжнародних економічних відносин, готельно-ресторанної справи та туризму, фінансів, банківської справи та страхування, менеджменту, маркетингу, публічного управління та адміністрування та інші питання.

УДК 339.92(062.552)

ISBN 978-966-397-363-0

© Державний вищий навчальний заклад
«Ужгородський національний університет», 2024

ЗМІСТ

НАПРЯМ 1. ЕКОНОМІКА

УПРАВЛІННЯ ЗЕМЕЛЬНИМИ РЕСУРСАМИ В КОНТЕКСТІ ПОВОЄННОЇ ВІДБУДОВИ УКРАЇНИ Боцула О. І., Головіна О. Л.	11
ПРІОРИТЕТНІ НАПРЯМКИ МАКРОЕКОНОМІЧНОГО ОБЛІКУ В УМОВАХ СУЧАСНИХ РЕАЛІЙ Вареник І. В., Осадча Н. М.	15
ІНВЕСТИЦІЇ ЯК ФАКТОР ЕКОНОМІЧНОГО ЗРОСТАННЯ КРАЇНИ Гаврилiна А. В.	18
МІГРАЦІЙНІ РИЗИКИ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗВИТОК Гаман Г. В.	21
ГАРМОНІЗАЦІЯ СТРАТЕГІЧНОГО ПЛАНУВАННЯ ПРОМИСЛОВОГО РОЗВИТКУ УКРАЇНИ В КОНТЕКСТІ ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ Гахович Н. Г., Кушніренко О. М.	25
МОТИВИ ФОРМУВАННЯ ІНТЕГРОВАНИХ БІЗНЕС-СТРУКТУР Залуцька Х. Я., Старосілець М. М.	29
СИНЕРГЕТИЧНИЙ ЕФЕКТ ВІД УКЛАДАННЯ УГОД ЗЛИТТЯ ТА ПОГЛИНАННЯ НА ГАЛУЗЕВИХ РИНКАХ Кирильчук О. В.	32
АДАПТАЦІЯ МІЖНАРОДНОГО ДОСВІДУ ПІСЛЯВОЄННОЇ ВІДБУДОВИ ДЛЯ УКРАЇНИ Коба О. В.	36
ЗАЛУЧЕННЯ ПРЯМИХ ІНОЗЕМНИХ ІНВЕСТИЦІЙ В УКРАЇНУ: СУЧАСНИЙ СТАН ТА ВИКЛИКИ Ковель П. М.	39
ІНВЕСТИЦІЙНА ДІЯЛЬНІСТЬ У СФЕРІ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ В КОНТЕКСТІ ПЕРЕХОДУ НА МОДЕЛЬ НИЗЬКОВУГЛЕЦЕВОГО РОЗВИТКУ У ГЛОБАЛЬНОМУ МАСШТАБІ Коробка Р. В.	43
MATHEMATICAL MODEL OF THE DYNAMIC INTERACTION OF PRODUCT PRICES IN RELATED MARKETS: THE PROBLEM OF LIMIT CYCLES Malyarets Lyudmyla, Voronin Anatoly, Lebedeva Irina	46

ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ ПЕРЕДОВОГО ДОСВІДУ ФІНАНСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ЦИФРОВИХ ІННОВАЦІЙ ТНК В ЕКОНОМІКУ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ Матрунчик Д. М.	50
МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ РЕГУЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ Мищенко В. І.	53
ВПЛИВ РИНКОВОЇ ВЛАДИ ТА РІВНЯ МОНОПОЛІЗАЦІЇ РИНКУ НА КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНІСТЬ ПІДПРИЄМСТВА М'ячин В. Г., Бондар С. Я.	57
МЕТОДИ ІНТЕГРАЛЬНОЇ ОЦІНКИ РИЗИКІВ ПІДПРИЄМСТВА М'ячин В. Г., Митрофанов В. Ю.	61
ПРОТИДІЯ ДЕСТРУКТИВНИМ ІНФОРМАЦІЙНИМ ВПЛИВАМ У СИСТЕМІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВОЄННО-ЕКОНОМІЧНОЇ СТІЙКОСТІ ДЕРЖАВИ Онофрійчук А. П.	64
МЕТОДИЧНІ ПРОБЛЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ КОНВЕРГЕНЦІЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ЗАЛІЗНИЦЬ УКРАЇНИ З ЄС Піріашвілі О. Б.	67
ЦИФРОВА ЕКОНОМІКА УКРАЇНИ: ОСНОВНІ ТЕНДЕНЦІЇ Пухальська Я. П.	71
ВІДКРИТІ ІННОВАЦІЇ ЯК НОВІТНИЙ ПІДХІД ДО ЦИФРОВІЗАЦІЇ ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ Пушкар Т. А.	74
ОСОБЛИВОСТІ ЕКОНОМІКИ ПРИРОДНО-МОНОПОЛЬНИХ СЕГМЕНТІВ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ Райчева Л. І.	77
РОЛЬ ІНВЕСТИЦІЙ В ІННОВАЦІЙНИХ СЕКТОРАХ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ Романів А. В.	80
ДЕРЖАВНА ПОЛІТИКА ЦИФРОВІЗАЦІЇ У СФЕРІ ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ Сіньковський М. І.	84
ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ЕКСПОРТНО-ІМПОРТНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ СУБ'ЄКТІВ ГОСПОДАРЮВАННЯ В СУЧАСНИХ УМОВАХ Скляр Т. П.	88

**MATHEMATICAL MODEL OF THE DYNAMIC INTERACTION
OF PRODUCT PRICES IN RELATED MARKETS:
THE PROBLEM OF LIMIT CYCLES**

Malyarets Lyudmyla

*Doctor of Economic Sciences, Professor,
Head of the Department of Higher Mathematics
and Economic and Mathematical Methods,
Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics*

Voronin Anatoly

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Department of Higher Mathematics
and Economic and Mathematical Methods,
Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics*

Lebedeva Irina

*Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor
Department of Higher Mathematics
and Economic and Mathematical Methods,
Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics*

In the context of globalization, any shifts occurring in national economies become synchronous and interconnected. Globalization processes are manifested in the intensification of foreign economic relations, the development of financial cooperation, increased labor migration, etc. As a consequence, economic recovery or, conversely, crisis phenomena in one country, to one degree or another, affect the economies of other countries. One of the main channels for synchronizing economic processes is international trade. Changes in this area can become the trigger that, as a result of a subsequent chain reaction, will ensure the spread of both positive and negative economic phenomena. That is, the changes taking place in the global economy are increasingly systemic in nature, and individual countries are elements of this system.

The presence of resonant phenomena in an open economic system determines scientific interest in the use of system dynamics methods to study possible trajectories of development of such a system as a whole, as well as individual elements of this system, taking into account both external influences and endogenous factors. One of the important directions in this sense is the study of limit cycles. The purpose of this paper is to construct a mathematical model of economic dynamics that would allow a qualitative analysis (according to phase trajectories) of the processes that determine the state of equilibrium of prices for the same product in adjacent markets.

A special case of this problem has already been considered by the authors in the paper [1]. Here we propose an alternative way to solve the general case of such a problem. As rightly stated in [2], the construction of a mathematical model of such problems is a fundamental, inevitable, but difficult and delicate process.

Periodic processes in economics can be described in mathematical language using the concept of a limit cycle [3]. Recently, the study of the properties of limit cycles has attracted significant interest, which goes beyond the scope of pure mathematics and finds application not only in economics, but also in physics, chemistry, and biology. There are two possible approaches to studying this phenomenon: the use of differential equations to describe continuous processes or difference equations if the process is discrete in time.

A mathematical model of economic dynamics for the case of two commodity markets can be represented as a system of two ordinary differential equations:

$$\begin{cases} p_1' = F_1(p_1, p_2); \\ p_2' = F_2(p_1, p_2), \end{cases} \quad (1)$$

where $p_1(t)$ and $p_2(t)$ there are prices of goods in the corresponding markets, continuously changing over time (differentiation is carried out by time);

$F_1(p_1, p_2)$, $F_2(p_1, p_2)$ are functions of excess demand for goods in each of the markets, which are nonlinear of degree no more than two.

To analyze system (1), we choose the following type of excess demand functions:

$$F_1(p_1, p_2) = \lambda p_1 - p_2 + kp_1^2 + mp_1p_2 + np_2^2, \quad F_2(p_1, p_2) = p_1 + ap_1^2 + bp_1p_2,$$

where a, b, λ, k, m, n are some constant parameters. Then the system has the form:

$$\begin{cases} p_1' = \lambda p_1 - p_2 + kp_1^2 + mp_1p_2 + np_2^2; \\ p_2' = p_1 + ap_1^2 + bp_1p_2. \end{cases} \quad (2)$$

Note that in system (2) there are two equilibrium positions. These are the points $p_1^* = 0$; $p_2^* = 0$ and $p_1^* = 0$; $p_2^* = 1/n$, which, for certain parameter values, are focuses.

After carrying out algebraic transformations with the introduction of new variables, we obtain a quadratic system of the form:

$$\begin{cases} x' = -y + a_{20}x^2 + a_{11}xy + a_{02}y^2; \\ y' = x + b_{20}x^2 + b_{11}xy + b_{02}y^2. \end{cases} \quad (3)$$

System (3) is a special case of a six-parameter system of two differential equations, which is presented in Poincaré normal form. The coefficients of this system are determined by the following relations:

$$a_{20} = -\frac{7}{3}n; \quad a_{11} = 5a_0; \quad a_{02} = n; \quad b_{20} = a_0; \quad b_{11} = -2n; \quad b_{02} = 0, \quad (4)$$

where $a_0 = a$ if $p_1^* = 0$; $p_2^* = 0$ or $a_0 = -a$ if $p_1^* = 0$; $p_2^* = 1/n$.

In accordance with the fundamental work [4], qualitative analysis (based on phase trajectories) consists in sequentially determining the values of three such quantities:

$$V_1 = \alpha A - \beta B; \quad (5)$$

$$V_2 = (\beta(5A - \beta) + \alpha(5B - \alpha))\gamma, \quad \text{if } V_1 = 0; \quad (6)$$

$$V_3 = (\beta A + \alpha B)\gamma\delta, \quad \text{if } V_1 = V_2 = 0. \quad (7)$$

This method allows us to work only with real numbers. Note that, up to a constant factor, the quantities V_1 , V_2 , and V_3 correspond to the first three Lyapunov quantities l_1 , l_2 , and l_3 .

To simplify the calculations, we introduce auxiliary coefficients:

$$\begin{aligned} A &= a_{20} + a_{02}; \quad B = b_{20} + b_{02}; \quad \alpha = a_{11} + 2b_{02}; \quad \beta = b_{11} + 2a_{20} \\ \gamma &= b_{20}A^3 - (a_{20} - b_{11})A^2B + (b_{02} - a_{11})AB^2 - a_{02}B^3 \\ \delta &= a_{02}^2 + b_{20}^2 + a_{02}A + b_{20}B. \end{aligned} \quad (8)$$

Comparing relations (4) and (8), we obtain:

$$\begin{aligned} A &= -\frac{4}{3}n; \quad B = a_0; \quad \alpha = 5a_0; \quad \beta = -\frac{20}{3}n; \\ \gamma &= a_0 \left(-\frac{4}{3}n \right)^3 - \left(\frac{1}{3}n \right) \left(-\frac{4}{3}n \right)^2 a_0 + (-5a_0) \left(-\frac{4}{3}n \right) a_0^2 - na_0^3 = \\ &= -\frac{16}{9}n^3 a_0 + \frac{17}{3}na_0^3 = \frac{na_0}{9} (51a_0^2 - 16n^2) \\ \delta &= n^2 + a_0^2 - \frac{4}{3}n^2 + a_0^2 = \frac{1}{3} (6a_0^2 - n^2). \end{aligned}$$

Now we find sequentially the values of each of the quantities V_1 , V_2 , and V_3 .

1) From relation (5) we obtain:

$$V_1 = A\alpha - B\beta = \left(-\frac{4}{3}n \right) 5a_0 - a_0 \left(-\frac{20}{3}n \right) = 0.$$

2) Since we received that $V_1 = 0$, then from relation (6) we find V_2 :

$$\begin{aligned} V_2 &= (\beta(5A - \beta) + \alpha(5B - \alpha))\gamma = \\ &= \left(-\frac{20}{3}n \left(-\frac{20}{3}n + \frac{20}{3}n \right) + 5a_0(5a_0 - 5a_0) \right) \gamma = 0. \end{aligned}$$

3) Since such equalities hold $V_1 = V_2 = 0$, then from (7) we find the value V_3 :

$$\begin{aligned} V_3 &= (A\beta + B\alpha)\gamma\delta = \left(\left(-\frac{4}{3}n\right)\left(-\frac{20}{3}n\right) + 5a_0^2\right)\frac{na_0}{9}(51a_0^2 - 16n^2)\frac{1}{3}(6a_0^2 - n^2) = \\ &= \frac{na_0}{27}\left(\frac{80}{9}n^2 + 5a_0^2\right)(51a_0^2 - 16n^2)(6a_0^2 - n^2). \end{aligned}$$

Considering that $a_0^2 = a^2$, we get the value V_3 :

$$V_3 = \frac{na}{27}\left(\frac{80}{9}n^2 + 5a^2\right)(51a^2 - 16n^2)(6a^2 - n^2)$$

Let us recall that the parameters V_1 , V_2 , and V_3 coincide with the values of the first three Lyapunov quantities l_1 , l_2 , and l_3 , up to a constant factor. We find that for all rational values of the parameters the following statement is true: $V_3 \neq 0$. Thus, for both focuses we have the following results: $V_1 = V_2 = 0$ and $V_3 \neq 0$.

It follows that around each of the two foci (equilibrium positions) there are three limit cycles, respectively, a 3:3 ratio holds. Note that the obtained result is consistent with the results for the “predator-prey” model obtained from studying the evolution of innovation processes [5].

The proposed mathematical model of economic dynamics allows us to identify the presence of cyclic processes in a small neighborhood near equilibrium positions. Further research will be aimed at studying the nature of these limit cycles, which will allow us to identify unstable dynamic regimes and avoid the occurrence of bifurcations and catastrophes leading to instability in interconnected markets of objects of any nature, which can act as a product.

References:

1. Voronin A. V., Lebedev S. S. (February 16, 2023) Quadratic system of two differential equations with six limit cycles: two approaches to problem analysis. *ResearchGate*. DOI: <https://doi.org/10.13140/rg.2.2.32572.92808>
2. Drin S. S., Ishchuk V. P., Shchestiuk N. Yu. (2016) Matematychni modeliuvannia finansovo-ekonomichnykh protsesiv na bazi lohystychnoi poslidovnosti determinovanoho khaosu. *Naukovi zapysky NaUKMA*, vol. 178. Fyzyko-matematychni nauky, pp. 10–15
3. Beaudry P., Galizia D., and Portier F. (2015) Reviving the Limit Cycle View of Macroeconomic Fluctuations. NBER, working paper 21241. Available at: <https://www.nber.org/papers/w21241>
4. Chow S.-N., Li C., Wang D. (1991) Normal Forms and Bifurcation of Planar Vector Fields. Cambridge: Cambridge University Press. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511665639>
5. Voronin A., Akhiezer O., Galuza A. et. all (2023) Modeling Competitive Interaction “Predator-Prey” on the Example of Two Innovative Processes, 13th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), Wrocław, Poland, pp. 131–134. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACIT58437.2023.10275538>