



УДК 330.3:336:519.86

FRactal Analysis and Forecasting of Budgeting Efficiency in Ukraine Under Conditions of Transformational Change¹

Kvasniy Mariya,
Ph. D. in Economics, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Economics and Information Technologies
of the Lviv Educational-Scientific Institute
of SHEI «Banking University»
e-mail: kvasnijmary@gmail.com

Tymergazina Veronika,
Master student
Undergraduate of Economics and Information Technology
of the Lviv Educational-Scientific Institute
of SHEI «Banking University»
e-mail: tymergazina@ukr.net

Abstract. The article analyzes the revenue and expenditure part of the budget of Ukraine, assesses their dynamics based on the use of basic and chain indexes, and it is established that the dynamics of the budget is nonlinear with a nonsmooth character — alternatively, it increases, then decreases. To analyze the efficiency of budgeting, the income expense ratio has been calculated and imbalances have been identified. The author's concept of forecasting of budgeting efficiency in Ukraine is proposed on the basis of fractal analysis and determination of the type of dynamics, the method of organization of the process and integration of the totality of mathematical methods of forecasting with the help of moving average, exponentially smoothed simple average, growth rates taking into account seasonality and Hurwitz's criterion. Projections are made taking into account instability of filling and distribution of the budget of Ukraine in the conditions of transformation changes.

Keywords: budget of Ukraine, coefficient of budgeting efficiency, fractal analysis, integration of methods, sliding average, growth rate, Hurwitz criterion.

Formulas: 6; fig.: 2; tabl.: 7; bibl.: 11.

ФРАКТАЛЬНИЙ АНАЛІЗ І ПРОГНОЗУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ БЮДЖЕТУВАННЯ В УКРАЇНІ В УМОВАХ ТРАНСФОРМАЦІЙНИХ ЗМІН

Квасній Марія Миколаївна,
кандидат економічних наук, доцент,
доцент кафедри економіки та інформаційних технологій
Львівського навчально-наукового інституту
ДВНЗ «Університет банківської справи»
e-mail: kvasnijmary@gmail.com

Тимергазіна Вероніка Віталіївна,
магістрант
кафедри економіки та інформаційних технологій
Львівського навчально-наукового інституту
ДВНЗ «Університет банківської справи»
e-mail: tymergazina@ukr.net

Анотація. Розглянуто основні економічні показники бюджету України, проаналізовано дохідну і витратну частини бюджету та оцінено їхню динаміку на основі використання базисних і ланцюгових індексів. У результаті дослідження встановлено, що динаміка бюджету є нелінійною з негладким характером — поперемінно то зростає, то спадає. Особливістю динаміки є зростання амплітуди коливань, зменшення періодів стабільності та значна незбалансованість показників у вересні та грудні. Наявність хаотичних змін дохідної частини бюджету впливає на стабільність фінансування витратної частини бюджету, що породжує дисбаланси бюджетної

¹ Статтю підготовлено в рамках НДР «Теорія та методологія трансформаційних процесів у фінансовому секторі країни» (номер державної реєстрації 0117U002441), що виконується за рахунок видатків із загального фонду держбюджету.



політики. Для аналізу ефективності бюджетування розраховано коефіцієнт покриття видатків доходами, який підтверджує наявність дисбалансів. Оскільки економіка України перебуває під впливом глобалізаційних, інтеграційних і трансформаційних процесів, а її динаміка є нелінійною, мінливою за поведінкою і структурою, тому прогнозування методами за незмінних умов буде некоректним. Для врахування як зовнішніх, так і внутрішніх джерел змін бюджету запропоновано авторську концепцію прогнозування ефективності бюджетування в Україні на основі інтегрування методів фрактального аналізу, що дає можливість визначення типу динаміки і способу організації процесу, та сукупності математичних методів прогнозування за допомогою ковзної середньої, експоненційно згладженої простої середньої, темпів зростання з урахуванням сезонності, а також уточненням і врахуванням впливу навколишнього середовища за допомогою математичної теорії ігор, а саме використання критерію Гурвіца. На основі фрактального аналізу виявлено персистентність досліджуваного ряду динаміки і зроблено прогнози з урахуванням нестабільності наповнення і розподілу бюджету України в умовах трансформаційних змін.

Ключові слова: бюджет України, коефіцієнт ефективності бюджетування, фрактальний аналіз, інтегрування методів, ковзна середня, темпи зростання, критерій Гурвіца.

Формул: 6; рис.: 2; табл.: 7; бібл.: 11.

ФРАКТАЛЬНИЙ АНАЛІЗ І ПРОГНОЗУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ БЮДЖЕТУВАННЯ В УКРАЇНІ В УМОВАХ ТРАНСФОРМАЦІЙНИХ ПЕРЕМЕН

Квасний Марія Николаевна,
кандидат економічних наук, доцент,
доцент кафедри економіки і інформаційних технологій
Львівського освітньо-наукового інституту
ГВУЗ «Університет банківського дела»
e-mail: kvasnijmary@gmail.com

Тимергазіна Вероніка Віталівна,
магістрант
кафедри економіки і інформаційних технологій
Львівського освітньо-наукового інституту
ГВУЗ «Університет банківського дела»
e-mail: tymergazina@ukr.net

Анотація. Проаналізовані доходна і расходна частини бюджету України, оцінена їх динаміка на основі використання базисних і ланкових індексів і встановлено, що динаміка бюджету є нелінійною з негладким характером — поперемінно зростаюча або зменшувальна. Для аналізу ефективності бюджетування розраховано коефіцієнт покриття витрат доходами і виявлені дисбаланси. Предложено авторська концепція прогнозування ефективності бюджетування в Україні на основі проведення фрактального аналізу і визначення типу динаміки, способу організації процесу і інтеграції сукупності математичних методів прогнозування з допомогою ковзної середньої, експоненційно згладженої простої середньої, темпів зростання з урахуванням сезонності і критерію Гурвіца. Сделано прогнози з урахуванням нестабільності наповнення і розподілу бюджету України в умовах трансформаційних змін.

Ключевые слова: бюджет Украины, коэффициент эффективности бюджетирования, фрактальный анализ, интегрирование методов, скользящая средняя, темпы роста, критерий Гурвица.

Формул: 6; рис.: 2; табл.: 7; библи.: 11.

Formulation of the problem. The state budget is the main central fund of centralized funds. With the help of the budget, the state concentrates a certain share of the gross domestic product and centralizes it to the development of the national economy, for social protection of the population, the maintenance of state power and administration, and the defense of the country. The state budget for each fiscal year is considered by the Verkhovna Rada of Ukraine and is approved as a law. With the help of the budget, the most important proportions of the development of the economic system are reproduced,

in particular, the structure of social production is formed, and an appropriate correlation between consumption and accumulation is provided [1]. The budget creates an opportunity to regulate the efficiency and balance of development of the production and non-productive sphere, influence on the pace of development and structure of social production. Long-term planning options are limited, as the budget should reflect the cost estimate for a specific period of time. The effectiveness of budget planning depends on the quality of its implementation, that is, the formation of a financial plan sufficiently real

enables the balance to be ensured between revenue and expenditure, to accumulate the necessary funds and to effectively finance the expenditures necessary for the successful execution of tasks entrusted to the state. One of the most effective planning tools is prediction, which caused the research problem.

Analysis of recent research. The budget and problems of managing it, according to both foreign and Ukrainian scholars [1], belong to the most acute. The question of effective planning and execution of the budget, optimization of the structure of the revenue and expenditure parts of it become of particular importance. A broad reflection of the issue of the budget process was found in the writings of O. Vasilik [2], V. Oparin [1], V. Fedosova [1], J. Schumpeter [3], and others. However, the analysis of scientific literature shows that in the context of transformational changes, the question of assessing the

dynamics of the budget, changes in its structure and the impact of the economic environment remain relevant. Forecasting, which was not given proper attention, is especially important for budgeting.

The purpose of the study is to analyze the dynamics of the coefficient of budgeting efficiency in conditions of transformation changes, to develop analytical tools for forecasting it, based on the integration of simple and exponential smoothing methods, growth rates, and the Hurwitz criterion.

Main results of the study. One of the conditions for the correct definition of planned budget indicators is a deep retrospective and prospective analysis of its state and dynamics.

Analyze the behavior of the revenue and expenditure part of the State Budget of Ukraine per month from January 2017 to September 2018 (*Table 1*).

Table 1

The dynamics of incomes and expenditures of the State Budget of Ukraine during 2017—2018

№	Period, t	Revenues, million UAH	Basic growth rates	Chain growth rates	Expenditures, million UAH	Basic growth rates	Chain growth rates
1	01.02.2017	59 447			42 892		
2	01.03.2017	52 601	0,885	0,885	67 685	1,578	1,578
3	01.04.2017	62 711	1,055	1,192	73 982	1,725	1,093
4	01.05.2017	85 027	1,430	1,356	55 687	1,298	0,753
5	01.06.2017	65 987	1,110	0,776	59 792	1,394	1,074
6	01.07.2017	69 133	1,163	1,048	65 989	1,538	1,104
7	01.08.2017	52 809	0,888	0,764	54 461	1,270	0,825
8	01.09.2017	79 874	1,344	1,513	68 589	1,599	1,259
9	01.10.2017	58 167	0,978	0,728	81 991	1,912	1,195
10	01.11.2017	61 713	1,038	1,061	75 172	1,753	0,917
11	01.12.2017	77 003	1,295	1,248	73 685	1,718	0,980
12	01.01.2018	68 793	1,157	0,893	119 317	2,782	1,619
13	01.02.2018	55 187	0,928	0,802	46 881	1,093	0,393
14	01.03.2018	56 257,4	0,946	1,019	66 333,6	1,547	1,415
15	01.04.2018	82 137,3	1,382	1,460	101 062,7	2,356	1,524
16	01.05.2018	79 266,7	1,333	0,965	79 128,5	1,845	0,783
17	01.06.2018	96 882,2	1,630	1,222	86 495,9	2,017	1,093
18	01.07.2018	79 276,3	1,334	0,818	79 064,9	1,843	0,914
19	01.08.2018	64 502,0	1,085	0,814	67 356,3	1,570	0,852
20	01.09.2018	94 054,7	1,582	1,458	68 889,1	1,606	1,023

Source: the authors constructed on the basis of [4; 5].

Analysis of Table 1 gives us an opportunity to draw conclusions about the nonlinearity of the behavior of the income and expenditure part of the State Budget of Ukraine in 2017—2018. The existing imbalance between the revenue and expenditure parts of the State Budget of Ukraine is explained by the opposite processes in 2017: a slight increase in production and a significant increase in spending on reform and wages. Under such conditions, ensuring the balance of the budget, and at the same time

the financial stability of Ukraine, becomes a complex problem [6].

The system has the property of an emergence, which manifests itself in the presence of properties not characteristic of its constituents.

For the system-wide feature of the budget we will adopt a coefficient of coverage of expenditures income, the amount of which we expect, as the ratio of income to expenditures (*Table 2*).

Table 2

The dynamics of revenues, expenditures and budgeting efficiency during 2017—2018

№	Period, t	Revenues, million UAH	Expenditures, million	Coating ratio	Basic growth rates	Chain growth rates
1	01.02.2017	59 447	42 892	1,386		
2	01.03.2017	52 601	67 685	0,777	0,561	0,561



Continuation of table 2

№	Period, t	Revenues, million UAH	Expenditures, million	Coating ratio	Basic growth rates	Chain growth rates
3	01.04.2017	62 711	73 982	0,848	0,612	1,091
4	01.05.2017	85 027	55 687	1,527	1,102	1,801
5	01.06.2017	65 987	59 792	1,104	0,796	0,723
6	01.07.2017	69 133	65 989	1,048	0,756	0,949
7	01.08.2017	52 809	54 461	0,970	0,700	0,926
8	01.09.2017	79 874	68 589	1,165	0,840	1,201
9	01.10.2017	58 167	81 991	0,709	0,512	0,609
10	01.11.2017	61 713	75 172	0,821	0,592	1,157
11	01.12.2017	77 003	73 685	1,045	0,754	1,273
12	01.01.2017	68 793	119 317	0,577	0,416	0,552
13	01.02.2018	55 187	46 881	1,177	0,849	2,042
14	01.03.2018	56 257,4	66 333,6	0,848	0,612	0,720
15	01.04.2018	82 137,3	101 062,7	0,813	0,586	0,958
16	01.05.2018	79 266,7	79 128,5	1,002	0,723	1,233
17	01.06.2018	96 882,2	86 495,9	1,120	0,808	1,118
18	01.07.2018	79 276,3	79 064,9	1,003	0,723	0,895
19	01.08.2018	64 502,0	67 356,3	0,958	0,691	0,955
20	01.09.2018	94 054,7	68 889,1	1,365	0,985	1,426

Source: the authors constructed on the basis of [4; 5].

The dynamics of the coefficient of income-expenditure coverage varies from 0,577 to 1,527, indicating a low level of budgeting efficiency and a budget deficit.

To determine the prediction methods we find the fractal dimension of the time series and determine the nature of its dynamics. Fractality implies the presence of properties that allow us to assess the trend of time series, in particular, the presence of memory. In order to assess the dynamics of the financial market, a standard deviation is used if the process is considered to be random, or the Hurst indicator, if the process is chaotic. As a measure of nonlinearity of motion, using the Hurst index, a fractal dimension is established that diagnoses the character of the dynamics, that is, it shows its trend (proximity to the linear) or reversibility (breakage) [6].

To determine the character of the dynamics, use R/S , proposed by E. Peters. Consider the methodology for determining the Hurst index, the essence of which is to measure the change in time of the level of accumulation of deviations from the mean value of the time series. First you need to define for the whole number of W_t .

If it is approximately equal to 0,5, then a series of dynamics describes a random wandering. The process is random and the state of the system is uncorrelated. Present does not affect the future. If it differs significantly from 0,5, then the process is not independent. Each subsequent value of the series contains a long-term memory of the past behavior of the series. Theoretically, this memory is stored forever. Recent events have a greater impact than events remote, but their residual effects are always noticeable.

To find H , we first find accumulation of deviations from the average time series W_t for each interval t :

$$R_t = \sum_{i=1}^t (W_i - \bar{W}). \quad (1)$$

For the analyzed data $R = 0,950$. The next step is to find the magnitude of the accumulated deviation for periods and the mean square deviation S :

$$S = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (W_t - \bar{W})^2}. \quad (2)$$

For the analyzed data, $S = 0,054$. The last step is to find N :

$$H = \frac{\log R / S}{\log N}. \quad (3)$$

After carrying out calculations $H = 0,959$.

In $0,5 \leq H \leq 1$ a row — persistent, or trend-resistant. That is, if in the past the number has increased, then it is likely that the trend will continue for the future and the number will grow in the future. Trend stability of behavior increases with approximation H to 1. A persistent series characterizes shifted random wandering, the displacement of which depends on the proximity H to 0,5. Consequently, we can use trend models for prediction [7].

Forecasting economic indicators based on trend models, like most other methods of economic forecasting, is based on the idea of extrapolation. Under extrapolation is usually understood distribution of regularities, relationships and relationships operating in the investigated period, beyond its limits. In the process of constructing predictive models in their structure, sometimes elements of the future predicted state of an object or phenomenon are laid, but in general, these models reflect the patterns observed in the past and present, therefore reliable forecast is possible with respect to such objects and phenomena which is largely determined by the past and present.

All forecasts are built using the MS Excel 2010 software environment.

In order to predict the efficiency of the state budget in Ukraine by 2018 and 2019, using the growth curve models in MS Excel, it is first necessary to select the initial range of dynamics based on which forecasting will be carried out. The result of the forecast will be a series of data that will increase linearly, but it will show rather poorly the



forecast, as the dynamics of the State Budget revenues in different periods of the year is different from the average annual, due to some seasonality in budget filling, which is

observed in each of the previous years among the initial data we have selected [8].

Determine the coefficients of seasonality (Table 3).

Table 3

The value of seasonal factors for the coverage ratio

Month	Seasonality factor
January	124,50%
February	98,18%
March	102,78%
April	113,45%
May	119,97%
June	101,80%
July	103,79%
August	92,74%
September	87,88%
October	83,97%
November	79,66%
December	91,27%

Source: built by the authors based on their own calculation.

The next step is to find the deviation and, accordingly, confidence intervals for the first forecast. The confidence interval is the range around each predicted value, which, according to the forecast, should reach 95 % of the values

(in the case of a normal distribution). After calculating the deviation, which is 0,126, we subtract and add its predicted value and get an interval in which with a probability of 95 % there will be a forecast (Table 4).

Table 4

The obtained results of the forecast of the efficiency coefficient of the State Budget of Ukraine for 2018—2019

Forecast period	Forecast	Pessimistic forecast	Optimistic forecast
01.10.2018	0,839	0,713	0,966
01.11.2018	0,795	0,668	0,921
01.12.2018	0,909	0,782	1,035
01.01.2019	1,237	1,111	1,363
01.02.2019	0,974	0,847	1,100
01.03.2019	1,017	0,891	1,144

Source: built by the authors based on their own calculations.

Graphically displayed results of forecasting (Fig. 1).

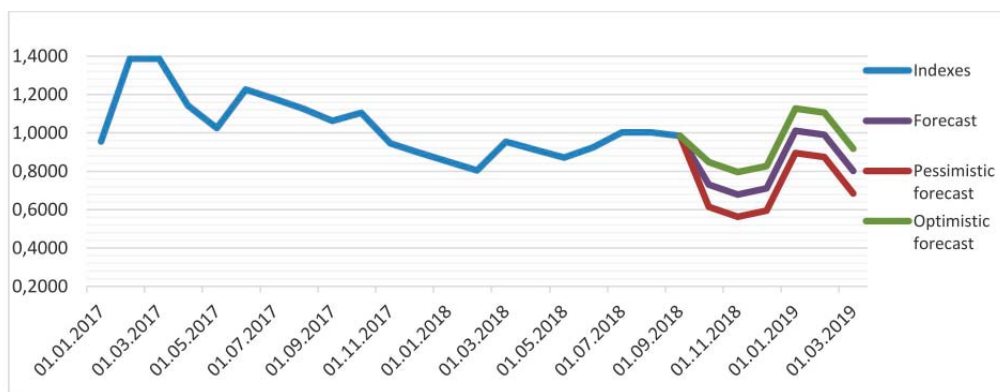


Fig. 1. The forecast is based on simple moving average, taking into account seasonality

Source: built by the authors based on their own calculations.

The second forecast is based on the exponentially smoothed series of dynamics using the simple moving

average. After calculations the following results were obtained (Table 5).



Table 5

The forecast based on the exponentially smoothed method of simple moving average

Forecast period	Forecast	Pessimistic forecast	Optimistic forecast
01.10.2018	0,731	0,615	0,847
01.11.2018	0,679	0,563	0,795
01.12.2018	0,711	0,595	0,827
01.01.2019	1,011	0,894	1,127
01.02.2019	0,990	0,874	1,106
01.03.2019	0,801	0,685	0,917

Source: built by the authors based on their own calculations.

The deviation in this forecast is 0,116. The results of the forecasting are graphically represented (Fig. 2).



Fig. 2. The forecast based on exponentially smoothed by a simple moving average

Source: built by the authors based on their own calculations.

The third forecast is based on growth rates.

To do this, we first find the average growth rate of a number of analyzed data $\bar{\epsilon}$:

$$\bar{\epsilon} = \sqrt[n-1]{W_n/W_1} \tag{4}$$

To find the predictive value, you need to multiply the value for the previous period by the found average rate of growth:

$$W_t = W_{t-1} \cdot \bar{\epsilon} \tag{5}$$

and adjust that snap on the seasonal factor [9]. As a result of the calculations, we obtain the values (Table 6).

Table 6

Forecast based on growth rates

Forecast period	Forecast
01.10.2018	1,184
01.11.2018	1,133
01.12.2018	1,092
01.01.2019	1,292
01.02.2019	1,852
01.03.2019	1,566

Source: built by the authors based on their own calculations.

To improve the forecasting models, the Hurwitz pessimistic-optimistic criterion must be used. Its meaning is that when choosing a solution, it is advisable to be guided by some average result that characterizes the state between extreme pessimism and unbridled optimism, that is, the

criterion chooses an alternative with a maximum average score (with the assumption that each of the possible states of the environment can occur with equal probability). Formally, the Hurwitz criterion looks like this:

$$H = \max_i \left(k \min_j X_{ij} + (1-k) \max_j X_{ij} \right) \tag{6}$$

where k is the pessimism coefficient that falls between 0 and 1, depending on how the decision maker evaluates the situation. If you are optimistic, then this value should be greater than 0,5. With a pessimistic estimate, the value is less than 0,5 [10]. In this case, the coefficient is determined depending on the situation that is observed in the economy [11].

Calculate with the help of the Hurwitz criterion for each of the predictions more accurate values. Parameter k — we will give value at level 0,5.

Table 7

Refined by Hurwitz's criterion forecast

Forecast period	Forecast
01.10.2018	0,900
01.11.2018	0,848
01.12.2018	0,844
01.01.2019	1,129
01.02.2019	1,350
01.03.2019	1,126

Source: built by the authors based on their own calculations.

Conclusion. In this paper, the analysis of income and expenditure parts of the state budget of Ukraine for the period from January 2017 to September 2018 and their non-linearity is established — incomes fluctuate within the limits of 52601—96 882,2 million UAH, and expenditures — 42 892—119 317 million UAH.

To estimate the effectiveness of budgeting, the coefficient of expenditure coverage is calculated, which

varies from 0,577 to 1,527. In order to improve the efficiency of budgeting, this paper proposes an improved forecasting method based on conducting fractal analysis and forecasting calculations using the simple moving average, exponentially smoothed moving average and growth rates taking into account the influence of the environment, which is taken into account with the help of the Hurwitz criterion.

Список використаних джерел

1. Федосов В. Бюджетний менеджмент : підручник / В. Федосов, В. Опарін, Л. Сафонова та ін. ; за заг. ред. В. Федосова. — Київ : КНЕУ, 2004. — 864 с.
2. Василик О. Д. Бюджетна система України : підручник / О. Д. Василик, К. В. Павлюк. — Київ : Центр навчальної літератури, 2010. — 544 с.
3. Шумпетер И. Теория экономического развития / И. Шумпетер. — Москва : Прогресс, 1982. — 454 с.
4. Матеріали веб-порталу Державної казначейської служби України [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.treasury.gov.ua>.
5. Матеріали сайту Державної статистики України [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.ukrstat.gov.ua>.
6. Квасній М. М. Аналіз та особливості динаміки бюджету України в умовах трансформаційних змін / М. М. Квасній // Соціально-економічні проблеми сучасного періоду України : зб. наук. пр. — Львів : ДУ «Інститут регіональних досліджень імені М. І. Долишнього НАН України», 2018. — Вип. 2 (130). — С. 19—25.
7. Мандельброт Б. Фракталы, случай и финансы / Б. Мандельброт. — Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, 2004. — 256 с.
8. Квасній М. М. Моделювання динаміки валютного ринку в умовах трансформації на основі інтегрування методів термодинаміки та фрактального аналізу / М. М. Квасній // Фінансовий простір. — 2018. — № (29). — С. 191—198.
9. Квасній М. М. Інтеграція методів моделювання для прогнозування якості кредитного портфеля банку / М. М. Квасній // Актуальні проблеми економіки. — 2014. — № 4 (154). — С. 387—394.
10. Козачук В. С. Побудова виробничих моделей депозитних корпорацій України в умовах трансформації засобами термодинаміки та фрактального аналізу / В. С. Козачук, В. В. Тимергазіна // Матеріали II туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт у 2017/2018 н. р. зі спеціалізації «Економічна кібернетика» / [за ред. проф. В. М. Вовка]. — Суми : Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2018. — С. 55—58.
11. Яценко Н. А. Теория игр в экономике : учебное пособие / Н. А. Яценко, Л. Г. Лабскер ; под ред. Л. Г. Лабскер. — Москва : КноРус, 2013. — 264 с.

References

1. Fedosov, V. (Ed.), Oparin, V., Safonova, L., & (et. al.). (2004). *Biudzhetnyj menedzhment [Budget Management]*. Kyiv: KNEU [in Ukrainian].
2. Vasylyk, O. D., & Pavliuk, K. V. (2010). *Biudzhetna sistema [Ukraine Budget system of Ukraine]*. Kyiv: Tsentr navchal'noi literatury [in Ukrainian].
3. Shumpeter, Y. (1982). *Teoriia ekonomicheskoho rozvittia [The theory of economic development]*. Moscow: Prohress [in Russian].
4. Materialy Veb-portalu Derzhavnoi kaznachejs'koi sluzhby Ukrainy [Materials of the Web-portal of the State Treasury of Ukraine]. (n. d.). www.treasury.gov.ua. Retrieved from <http://www.treasury.gov.ua> [in Ukrainian].
5. Materialy sajtu Derzhavnoi statystyky Ukrainy [Materials of the site of the State Statistics of Ukraine]. (n. d.). www.ukrstat.gov.ua. Retrieved from <http://www.ukrstat.gov.ua> [in Ukrainian].
6. Kvasnij, M. M. (2018). Analiz ta osoblyvosti dynamiky bjudzhetu Ukrainy v umovah transformacijnyh zmin [Analysis and features of the dynamics of the budget of Ukraine in the conditions of transformation changes]. *Social'no-ekonomichni problemy suchasnogo periodu Ukrainy — Socio-economic problems of the modern period of Ukraine*, 2 (130), 19—25. Lviv: DU «Instytut rehionalnykh doslidzhen imeni M. I. Dolishnoho NAN Ukrainy» [in Ukrainian].
7. Mandel'brot, B. (2004). *Fraktaly, sluchaj y fynansy [Fractals, case and finance]*. Yzhevsk [in Russian].
8. Kvasnij, M. M. (2018). Modeljuvannja dynamiky valjutnogo rynku v umovah transformacii' na osnovi integruvannja metodiv termodynamiky ta fraktal'nogo analizu [Modeling dynamics of the foreign exchange market in conditions of transformation on the basis of integration of methods of thermodynamics and fractal analysis]. *Finansovyj prostir — Financial space*, 1, 191—198 [in Ukrainian].



9. Kvasnij, M. M. (2014). Integracija metodiv modeljuvannja dlja prognozuvannja jakosti kredytnogo portfelja banku [Integration of modeling methods for predicting the quality of a bank's loan portfolio]. *Aktual'ni problemy ekonomiky — Actual problems of the economy*, 4, 387—394 [in Ukrainian].
10. Kozachuk, V. S., & Tymergazina, V. V. (2018). Pobudova vyrobnych modelej depozytnyh korporacij Ukrainy v umovah transformacij zasobamy termodynamiky ta fraktal'nogo analizu [Construction of production models of deposit-taking corporations in Ukraine under conditions of transformation by means of thermodynamics and fractal analysis]. V. S. Kozachuk (Eds.). *Materialy II turu Vseukrainskoho konkursu studentskykh naukovykh robit u 2017/2018 n.r. zi spetsializatsii «Ekonomichna kibernetyka» — Materials of the 2nd round of the All-Ukrainian contest of student research papers in 2017/2018 year from the specialization «Economic Cybernetics»*, (pp. 55—58). Sumy: Publishing Center of Ivan Franko National University of Lviv [in Ukrainian].
11. Jashhenko, N. A., & Labsker, L. G. (2013). *Teorija igr v jekonomike [The theory of games in economics]*. Moscow: KnoRus [in Russian].