

## СТАТИСТИКА. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ, МОДЕЛИ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКОНОМИКЕ

UDC 330.369.011.519.24

JEL Classification: C6, H61, H72

DOI: [https://doi.org/10.32515/2663-1636.2019.2\(35\).144-151](https://doi.org/10.32515/2663-1636.2019.2(35).144-151)**Vasiliy Nadraga**, Associate Professor, Doctor in Economics (Doctor of Economic Sciences)*Ukrainian State Employment Service Training Institute, Kyiv, Ukraine***Anatoliy Balanda**, Professor, Doctor in Economics (Doctor of Economic Sciences)*Military Diplomatic Academy named after Yevheniy Bereznyak, Kyiv, Ukraine*

### Macro-level Modelling of Budget Support for Social Risk Management

The article formulated and implemented the conceptual statement of the problem of constructing a mathematical model consisting in obtaining the function of interpolation, as well as a mathematical statement, which found an expression in the calculation of local extremes of the cubic polynomial weight of social expenditures of the state budget. As a fundamental assumption of the macro-level model of budget support for social risk management, the approach is set out in the ESSPROS methodology - the social protection and social security system should be the main compensatory mechanism for social risks. The construction of the interpolation function of the specific weight of the state budget expenditures on social protection and social security in total expenditures is carried out in the computing algorithms environment Wolfram | Alpha. The constructed mathematical model of budget support for social risk management provided an opportunity to obtain a mathematical algorithm, which formalized the uncertainty situation related to the probabilistic nature of the risk manifestation and made appropriate projected estimates.

**social risks, interpolation function, probability, social protection, social security, management function**

**В.И. Надрага**, доц., д-р экон. наук*Институт подготовки кадров государственной службы занятости Украины, г. Киев, Украина***А.Л. Баланда**, проф., д-р экон. наук*Военно-дипломатическая академия им. Е. Березняка, г. Киев, Украина*

### Макроуровневое моделирование бюджетного обеспечения управления социальными рисками

В статье сформулирована и реализована концептуальная постановка задачи построения математической модели, которая заключалась в получении функции интерполяции, а также математическая постановка, которая нашла выражение в исчислении локальных экстремумов кубического полинома веса социальных расходов государственного бюджета. В качестве основополагающего предположения макроуровневой модели бюджетного обеспечения управления социальными рисками принят подход, который изложен в методологии ESSPROS - главным компенсаторным механизмом социальных рисков должна выступать система социальной защиты и социального обеспечения. Построение функции интерполяции удельного веса расходов государственного бюджета на социальную защиту и социальное обеспечение в общих расходах проведена в среде вычислительных алгоритмов Wolfram | Alpha. Построенная математическая модель бюджетного обеспечения управления социальными рисками позволила получить математический аппарат, с помощью которого формализовано ситуацию неопределенности, связанной с вероятностным характером проявления риска и сделаны соответствующие прогнозные оценки.

**социальные риски, функция интерполяции, вероятность, социальная защита, социальное обеспечение, управленческая функция**

**Statement of the problem.** One of the important components of the theory of social processes management is a set of quantitative research methods, due to which you can not only optimize the management process, but also minimize the subjectivity when choosing a managerial solution.

Most of the managerial solutions in the social sphere are traditionally considered in the area of solution of the tasks of choice optimization, management and resources distribution. Their theoretical model is the problem of linear programming, in which the

variables  $a_x; b_y; c_z$  are always deterministic and have accurate numerical values. However, actually, such determinism is rare: the social sphere is characterized by the availability of a significant number of social risks, and therefore the manifestation of causal relationships is multifactorial and multidimensional, which results in the uncertainty in making managerial decisions. Since probabilistic processes can be described by their quantitative characteristics (mathematical expectation, dispersion, mean square deviation, coefficient of variation, etc.) or distribution laws, the issue of the peculiarities of constructing mathematical models and solving problems of optimization and distribution of social budget resources under conditions of uncertainty is topical.

The urgency to develop and use macro-level models for financing social risk management is conditioned by the following reasons: social risk is only one of the great variety of risks, but it has its own essential features; social risks are manifested at the level of life of an individual, but at the same time, they are not individual by nature, since they are conditioned by the structural and functional features of the development of social relations, so it determines the degree of satisfaction of the basic vital needs for the individual or social groups.

The development of the macro-level model of the budget support system for social risk management will allow to determine the parameters of predictive structural changes and it will open new opportunities for shifting the corresponding parameters to the normative (ideal) level, keeping changes in permissible intervals and avoiding devastating tendencies in the socio-economic development of the country.

**Analysis of recent researches and publications.** Karl F. Bannör and Matthias Scherer emphasize that the uncertainty of the model and its parameters is quite widespread. If a person falls into an ambiguous complex situation, then for its formalization it is expedient to use a stochastic model, but there is also a choice between other models. Even after constructing a specific parametric model, the correct determination of its parameters remains a rather complicated task. However, the application of stochastic models provides new opportunities for their simplification, especially for solving financial problems [1, p. 288].

T. Boyarchuk developed a mathematical model of the quantitative assessment of social protection of the population of Ukraine, which takes into account the level and significance of the established indicators of social protection [2, p. 13]:  $P_{s.sec.} = \sum_{i=1}^n I_i k_i \cdot 100\%$ ,

where  $P_{s.sec.}$  – the level of social protection of the population, %;  $I_i$  – the level of the relevant indicator (in most cases  $I_i = 0 \div 1$ );  $k_i$  – weighted coefficient of the  $i$  – the indicator;  $i = 1 \dots n$ ,  $n = 6$ .

V. Proskura, investigating the methodological approaches to risk management, concludes that the risk determines the possibility of deviation, that is, the non-matching of the planned and actually received result of the decision, which is conditioned by the presence of a certain number of restrictions of motivational, managerial, professional competence, social psychological and physiological nature. Risk management is the modelling of the possibility of deviation, that is, the non-matching of the planned and actually received result of the decision, determined by the effect of certain restrictions of motivational, managerial, professional competence, socio-psychological and physiological nature [3, p. 606].

Y. Oliynyk proceeds from the fact that the multidimensional model of integration development, in addition to the development strategies of individual sectors and areas, involves the formation of elements of the model, which focus functional actions on achieving intermediate results, which do not always have quantitative results, aimed at achieving

quantitative and qualitative results when implementing all the functional elements of the implementation of a multidimensional model [4, p. 34].

O. Savastieieva believes that the risk of the effectiveness of the budget process is the probability of not achieving the maximum level of effectiveness and efficiency of the budget process, which may be inherent in the whole stage of its implementation. The peculiarities of the budget process at the local level and the multidimensional risks associated with the budget process at the local level prove the necessity to study and group the risks of the effectiveness of the budget process the united territorial community by establishing an appropriate system with the identification of major groups and clarifying the nature of the risks. Moreover, the risks inherent in the budget process at the level of UTC, affect the each stage of the budget process, but the mechanism of their influence is different [5, p. 94].

Thus, based on the analysis of recent publications, the issue of formalization and construction an appropriate mathematical model of budget support for social risk management remains beyond the attention of researchers and requires in-depth scientific analysis.

**Statement of the objective.** The research objective is construction of a mathematical model of budget support for social risk management and the development of appropriate short-term forecasts on this basis.

**The main material.** In accordance with the ESSPROS methodology, the list of social risks that can serve as an objective precondition for the emergence of a supporting legal relationship in the countries of the European Union is as follows: disease (medical care); invalidity; old age; dependents who have survived the breadwinners; family (children); unemployment; dwelling; social isolation. The list of social risks clearly outlines the scope of social protection in areas that are considered to be the most appropriate for EU member states [6]. Moreover, it serves as a tool for constructing comparable statistics in the event when the social institutions and norms of different countries vary considerably. The positive thing here is that risks determine the priority of programs which are funded by the legislative or institutional structures [7, p. 98].

*The conceptual statement* of the problem of constructing a mathematical model is to obtain the function of interpolation of the specific weight of the state budget expenditures on social protection and social security in general state expenditures and forecasting of the investigated magnitude.

*The mathematical formulation* of the problem of constructing a mathematical model is to calculate the local extremes of the cubic polynomial weight of the state budget expenditures on social protection and social security.

The basic initial assumption of a macro-level model of budget support of social risk management is that the social protection and social security system is the main compensatory mechanism of social risks. The purpose of the social protection function is to maximize the satisfaction of social or personal needs that arise as a result of social risks actualization at a certain point in time. Based on the dynamics and the appropriate list of social risks recognized by the state at the legislative level, one can assess the effectiveness of the social protection system in any country (table 1). The system is based on a mechanism for responding to social risks, which enables the development of certain social standards, as well as the corresponding state guarantees of their implementation. In turn, social standards are based on an ordered set of social risks, each of which has a unique description of indicators.

Table 1 – Dynamics of separate social expenditures of the state budget of Ukraine, millions of hryvnias

	2014	2015	2016	2017
Total state budget expenditures	430217,8	576911,4	684743,4	839243,7
Social protection and social security (including social protection of pensioners)	80558,2 (75813,9)	103700,9 (94811,6)	151965,5 (142586,2)	144478,3 (133458,6)
Health care	10580,8	11450,4	12456,3	16729,1
Specific weight of expenditures on social protection and social security (including social protection of pensioners)	0,1872 (0,1762)	0,1798 (0,1643)	0,2219 (0,2082)	0,1722 (0,159)
Specific weight of state budget expenditures on health care	0,0246	0,0198	0,0182	0,0199

Source: author's development according to the official data of the Ministry of Finance and the State Statistics Service of Ukraine.

It is expedient to construct the function of interpolation of the specific weight of the state budget expenditures on social protection and social security in general expenditures by means of Wolfram | Alpha computing algorithms [ 8 ] using the data of Table 1. Similar calculations are carried out on indicators of health care expenditures. Since there is a slight variation in the output data set, in this case it is expedient to use interpolation applying the local polynomial method (Fig. 1):

*interpolating polynomial*

*(social security)*

$\{(1,0.1872306), (2,0.1797775), (3,0.2219481968), (4,0.17234141)\}$ ;

*interpolating polynomial*

*(health care)*

$\{(1,0.024576314), (2,0.019777632), (3,0.0182334), (4,0.01987921)\}$ .

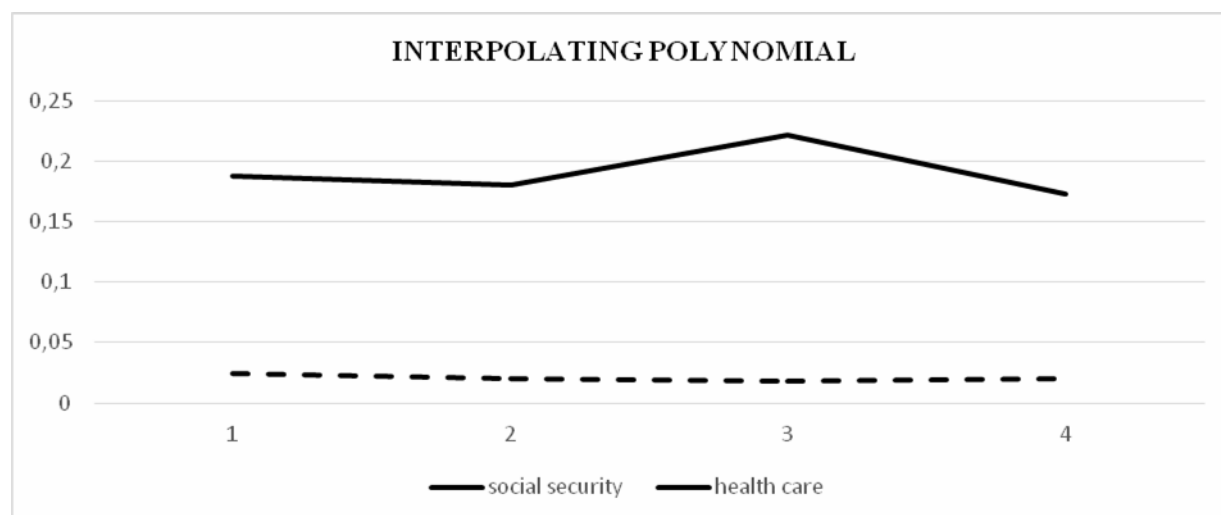


Figure 1 – Graph of the interpolation polynomial of the specific weight of the state budget expenditures on social protection, social security and health

Source: author's development.

Using the analytic expression of Lagrange's Local Polynomial Interpolation [9, p. 37] as a function:

$$y = -0,0152x^3 + 0,106x^2 - 0,2119x + 0,3117, \quad (1)$$

enables to calculate the local extrema of a cubic polynomial in the Wolfram | Alpha algorithm:

$$\max\{-0.0151903x^3 + 0.105952x^2 - 0.211868x + 0.31166\} \approx 0.220876$$

at  $x \approx 3.1947$ .

$$\min\{-0.0151903x^3 + 0.105952x^2 - 0.211868x + 0.31166\} \approx 0.180905$$

at  $x \approx 1.45528$ .

The maximum value of the specific weight of the state budget expenditures on social protection and social security in total expenditures is 0.221, which was observed in 2016, and the minimum value is respectively 0.181, which was observed in 2017. As fluctuations in health expenditures demonstrate relative stability, further calculations should be carried out according to indicators of social protection and social security.

In order to obtain the predictive investigated value (a specific weight of the state budget expenditures on social protection and social security), we use the extrapolation method for the obtained interpolation cubic polynomial by constructing the corresponding graph (Fig. 2).

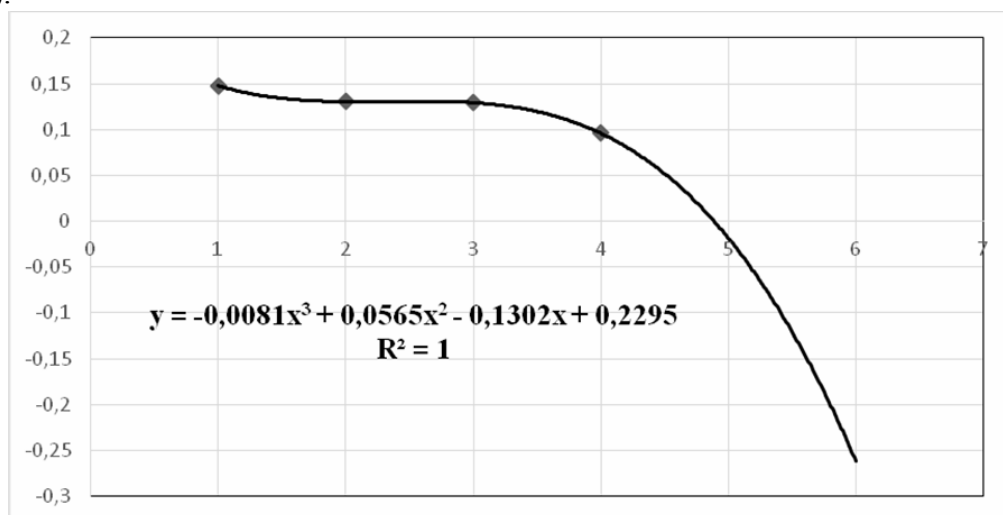


Figure 2 – Extrapolation of the cubic polynomial of the specific weight of the state budget expenditures on social protection and social security in total expenditures

Source: author's development.

Figure 2 shows that starting with the point  $x = 5$ , which is approximately the same as in the last quarter of 2019, there will be a sharp decline in the specific weight of social expenditures in total state budget expenditures.

It should be noted that the expenditures related to the management of social risks can be successfully redistributed and it will allow in the future to significantly adjust the level of consumption and current distribution proportions. For this purpose, as the main one, it is proposed to choose a modal decision-making criterion: the public administration body will proceed from the most probable state of the social environment for a certain period of time. Formalization of managerial functions in conditions of uncertainty will involve performing relevant calculations based on available algorithms of performance indicators [10, p. 51]. To construct a static model of decision making under conditions of uncertainty we will proceed from the following algorithm, which implies:

- the need to make one solution from a set of mutually exclusive decisions  $\Phi = \{\varphi_1, \dots, \varphi_m\}$ ;

- the social environment has a set of mutually exclusive states  $\{\Theta_1, \dots, \Theta_n\}$ , however, the specific current or future state of the environment for the management body remains unknown;

- the estimated functional  $F = \{f_{jk}\}$  characterizes the "gain" or "loss" of the management body by choosing the solution  $\varphi_k \in \Phi$ ;

-  $f_{jk} = f(\Theta_j; \varphi_k)$  – quantitative assessment of the decision;

-  $J$  – function of the source of information;

-  $P = (p_1, \dots, p_n)$  – probabilities distribution;

-  $C$  – strategy of social environment behaviour.

Based on the assumption that there is a single meaning

$$p_{j_1} = \max_{\Theta_j \in \Theta} P(\Theta = \Theta_j) \quad (2)$$

If the modal criterion is used, the control body proceeds from the fact that the social environment will be in the state  $\Theta = \Theta_j$ , and the optimum  $\varphi_{k_0}$  or  $\bar{\Phi}$  will be determined from the equation:

$$f_{j_1 k_0}^+ = \max_{\varphi_k \in \Phi} f_{j_1 k}^+ \quad (3)$$

If it turns out that the maximum  $P(\Theta = \Theta_j)$  will be achieved only on a priori probabilities  $p_{j_1}, p_{j_2}, p_{j_3}, \dots, p_{j_s}$ , then it is expedient to determine optimal decision  $\varphi_{k_0}$  or  $\bar{\Phi}$  from the following equation:

$$\frac{1}{s} \sum_{\gamma=1}^s f_{j_\gamma k_0} = \max_{\varphi_k \in \Phi} \frac{1}{s} \sum_{\gamma=1}^s f_{j_\gamma k}^+ \quad (4)$$

The formal part of the decision-making process under conditions of uncertainty will involve the necessary calculations in accordance with the above performance indicators, which are determined by the evaluative functional in accordance with the chosen (modal) criterion.

**Conclusions and prospects for further researches.** Thus, the proposed mathematical model of budget support for social risk management makes it possible to obtain a mathematical algorithm that can formalize the uncertainty situation related to the probabilistic nature of the risk manifestation and make appropriate projected estimates on this basis. Therefore, based on the analysis, the share of budgetary social expenditures will decrease sharply from the second half of 2019, which may lead to the growth of social tensions in society and the massive actions of social disobedience. In order to prevent the implementation of the above-mentioned negative scenario, it is expedient to reconsider the currently available redistributive mechanisms, as a significant non-inflationary growth of the state budget revenues seems unlikely.

Among the benefits of applying the approaches suggested in the study, we should indicate:

- the sufficiency of finding only a few of the most probable states of the social environment, while it is not necessary to determine all its quantitative characteristics;
- evaluation of functional characteristics only for the most probable states of the social environment provides additional opportunities for the efficiency of management decision making.

The perspective direction of further scientific research in a certain area is the detailing and optimization of the constructed model, in particular the development of the function of interpolation of the budget financing shares according to the structure of social expenditures.

## References

1. Kluppelberg, C. (2016). *Risk – a Multidisciplinary Introduction*. [Karl F. Bannör and Matthias Scherer Model Risk and Uncertainty – Illustrated with Examples from Mathematical Finance]: Springer International PU [in English].
2. Boiarchuk, T. (2006). *Formuvannia systemy otsinky i rehulivannia sotsialnoho zakhystu naseleння [Formation of a system of assessment and regulation of social protection of the population]*. Lviv. [in Ukrainian].
3. Proskura, V., Bilak R. (2017). Metodolohichni pidkhody do upravlinnia ryzykamy [Methodological approaches to risk management]. *Ekonomika i suspilstvo*. 9. 599–607 [in Ukrainian].
4. Oliinyk, Y., Bobrovytskyi A. (2017). Modeliuvannia rozvytku ekonomiky Ukrainy z urakhuvanniam intehratsii v rehionalni ta svitovi systemy vzaiemovidnosyn [Modeling of the development of Ukraine's economy, taking into account integration into regional and world systems of interrelations]. *Chasopys sotsialno-ekonomichnoi heohrafiy*. 22. 32–38 [in Ukrainian].
5. Savastieieva, O. (2017). Ryzyky efektyvnosti biudzhethnoho protsesu na rivni terytorialnykh hromad [Risks to the effectiveness of the budget process at the level of territorial communities]. *Naukovyi visnyk Mizhnarodnoho humanitarnoho universytetu*. 2. 92–95 [in Ukrainian].
6. Metodolohichni polozhennia shchodo skladannia dopomizhnykh (satelitnykh) rakhunkiv sotsialnoho zakhystu v Ukraini [Methodological provisions for the compilation of auxiliary (satellite) accounts of social protection in Ukraine]. (2010). *ukrstat.org*. Retrieved from [http://ukrstat.org/uk/metod\\_polog/metod\\_doc/2010/56/metod.htm](http://ukrstat.org/uk/metod_polog/metod_doc/2010/56/metod.htm) [in Ukrainian].
7. Antoniuk, P. (2008) Sotsialni ryzyky yak determinanta sotsialnoho zakhystu naseleння [Social risks as determinants of social protection of the population]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu*. 2(2). 96–99 [in Ukrainian].
8. Wolfram Alpha. Calculus&Analysis. (2018). [www.wolframalpha.com](http://www.wolframalpha.com). Retrieved from <http://www.wolframalpha.com/examples/mathematics/calculus-and-analysis/> [in English].
9. Trease, H., Fritts, M. and Crowley, W. (2014). *Advances in the Free-Lagrange Method*. Berlin: Springer Berlin [in English].
10. De Clerck, J. (2014). *Topics in modal analysis I, vol. 7*. Cham (Alemania): Springer [in English].

**В.І. Надрага**, доц., д-р екон. наук

*Інститут підготовки кадрів державної служби зайнятості України, м. Київ, Україна*

**А.Л. Баланда**, проф., д-р екон. наук

*Воєнно-дипломатична академія ім. Є.Березняка, м. Київ, Україна*

### **Макрорівневе моделювання бюджетного забезпечення управління соціальними ризиками**

Оскільки ймовірнісні процеси найбільш точно відображаються їх кількісними характеристиками чи законами розподілу, то актуальним є питання побудови математичних моделей, розв'язання задач оптимізації і розподілу соціальних бюджетних ресурсів за умов невизначеності. Необхідність розробки та використання макрорівневих моделей фінансування управління соціальними ризиками обумовлюється наявністю суттєвих родових відмінностей від інших видів ризиків.

Проаналізовано найбільш актуальні фахові дослідження: Karl F. Bannör та Matthias Scherer, зосереджуються на питаннях невизначеності моделі та її параметрів, що зумовлює додаткові переваги при виборі стохастичних моделей; Т. Боярчук побудовано математичну модель кількісної оцінки соціального захисту населення України, яка враховує рівень та значимість встановлених показників соціального захисту; В. Проскура доводить, що управління ризиками – це моделювання можливості відхилення, тобто неспівпадіння запланованого і фактично одержуваного результату рішення; Я. Олійник стверджує, що багатовимірна модель інтеграційного розвитку, окрім стратегій розвитку окремих секторів та напрямків, передбачає формування елементів моделі, в яких зосереджені

функціональні дії на досягнення проміжних результатів; О. Савастєєва, виходячи з особливостей бюджетного процесу на місцевому рівні та багатогранність ризиків, пов'язаних із бюджетним процесом на місцевому рівні, доводить необхідність дослідження та групування ризиків ефективності бюджетного процесу шляхом створення відповідної системи із визначенням основних груп та з'ясуванням сутності ризиків. Разом з тим, актуальними та невирішеними залишаються питання формалізації та побудови відповідної математичної моделі бюджетного забезпечення управління соціальними ризиками.

Метою дослідження є побудова математичної моделі бюджетного забезпечення управління соціальними ризиками та вироблення відповідних прогнозів. У статті сформульовано та реалізовано концептуальну постановку завдання побудови математичної моделі, що полягала в отриманні функції інтерполяції, а також математичну постановку, що знайшла вираз в обчисленні локальних екстремумів кубічного полінома ваги соціальних видатків державного бюджету. В якості основоположного припущення макрорівневої моделі бюджетного забезпечення управління соціальними ризиками прийнято підхід викладений в методології ESSPROS - головним компенсаторним механізмом соціальних ризиків повинна виступати система соціального захисту та соціального забезпечення. Побудова функції інтерполяції питомої ваги видатків державного бюджету на соціальний захист і соціальне забезпечення у загальних видатках проведена у середовищі обчислювальних алгоритмів Wolfram|Alpha.

Побудована математична модель бюджетного забезпечення управління соціальними ризиками дала можливість отримати математичний апарат, за допомогою якого формалізовано ситуацію невизначеності, пов'язану з ймовірнісним характером прояву ризику та зроблено відповідні прогнозні оцінки.

**соціальні ризики, функція інтерполяції, ймовірність, соціальний захист, соціальне забезпечення, управлінська функція**

*Одержано (Received) 10.05.2019*

*Прорецензовано (Reviewed) 20.05.2019*

*Прийнято до друку (Approved) 04.06.2019*

**УДК 004.042**

**JEL Classification: C10, C89**

DOI: [https://doi.org/10.32515/2663-1636.2019.2\(35\).151-159](https://doi.org/10.32515/2663-1636.2019.2(35).151-159)

**Н.О. Роскладка**, доц., д-р екон. наук

**А.А. Роскладка**, проф. д-р екон. наук

**О.О. Дзигман**, магістр з економічної кібернетики

*Київський національний торговельно-економічний університет, м. Київ, Україна*

## **Кластерний аналіз клієнтської бази даних підприємств сфери послуг**

Визначені основні тенденції та стан розвитку ринку послуг в Україні. Досліджено економіко-математичні моделі та методи функціонування й управління підприємствами сфери послуг. Виділені інструменти, методи та технології проведення кластерного аналізу та визначення функціональних характеристик систем масового обслуговування клієнтів. Здійснено програмну розробку автоматизованої системи обробки клієнтських замовлень в умовах змінного попиту з використання методів кластеризації та сегментації клієнтської бази даних

**сфера послуг, кластерний аналіз, сегментація, система масового обслуговування**

**Н.А. Роскладка**, доц., д-р екон. наук

**А.А. Роскладка**, проф., д-р екон. наук

**О.А. Дзигман**, магістр економічної кібернетики

*Киевский национальный торгово-экономический университет, г. Киев, Украина*

## **Кластерный анализ клиентской базы данных предприятий сферы услуг**

Определены основные тенденции и состояние развития рынка услуг в Украине. Исследованы экономико-математические модели и методы функционирования и управления предприятиями сферы услуг. Выделены инструменты, методы и технологии проведения кластерного анализа и определения функциональных характеристик систем массового обслуживания клиентов. Осуществлена программная разработка автоматизированной системы обработки клиентских заказов в условиях изменяющегося спроса с использованием методов кластеризации и сегментации клиентской базы данных

**сфера услуг, кластерный анализ, сегментация, система массового обслуживания**

© Н. О. Роскладка, А. А. Роскладка, О. О. Дзигман, 2019