

DOI: 10.12731/2070-7568-2024-13-4-257

УДК 519.862.2, 51-77



Научная статья |

Математические, статистические и инструментальные методы в экономике

ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ БЮДЖЕТА УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ

А.В. Ганичева, А.В. Ганичев

Для исследования сложных социально-экономических систем в ряде случаев наиболее приемлем метод математического моделирования. Одной из наиболее известных моделей в экономике является модель Кейнса. Данная модель наиболее широко применяется в макроэкономических исследованиях для регулирования государственного бюджета. Важной проблемой является расширение сферы применения модели Кейнса за счет ее модификации для управления бюджетом в других системах (образовательных организациях, семье). Внедрение цифровизации в управление учебными заведениями вызывает необходимость новых подходов к моделированию задачи расчета и оптимизации бюджета образовательной организации. Проблема разработки модифицированной модели Кейнса для бюджета вуза является новой, важной и актуальной. Решение данной проблемы позволит повысить эффективность управления финансами учебных заведений.

Цель – разработка динамической модели распределения бюджета вуза на основе модифицированной модели Кейнса.

Метод и методология проведения работы: моделирование, теория решения дифференциальных уравнений.

Результаты: разработана модифицированная модель Кейнса, позволяющая рассчитывать и оптимизировать бюджет образовательных организаций.

Область применения результатов: полученные результаты могут быть применены для расчета и оптимизации бюджета учебного заведения, при управлении финансовыми средствами организаций и предприятий.

Ключевые слова: модель; заработная плата; стипендия; инвестиция; решение уравнения; график

Для цитирования. Ганичева А.В., Ганичев А.В. Динамическая модель бюджета учебного заведения // Наука Красноярья: экономический журнал. 2024. Т. 13, №4. С. 135-148. DOI: 10.12731/2070-7568-2024-13-4-257

Original article | Mathematical, Statistical and Instrumental Methods in Economics

DYNAMIC MODEL OF THE BUDGET OF AN EDUCATIONAL INSTITUTION

A.V. Ganicheva, A.V. Ganichev

For the study of complex socio-economic systems in a number of cases the method of mathematical modeling is the most acceptable. One of the most famous models in economics is the Keynes model. This model is most widely used in macroeconomic research to regulate the state budget. An important problem is to expand the scope of application of Keynes model by modifying it for budget management in other systems (educational organizations, family). The introduction of digitalization in the management of educational institutions necessitates new approaches to modeling the problem of calculating and optimizing the budget of an educational organization. The problem of developing a modified Keynes model for the university budget is new, important and relevant. The solution to this problem will improve the efficiency of financial management of educational institutions.

Purpose: *to develop a dynamic model for distributing the budget of a university based on the modified Keynesian model.*

Methodology: *modeling, theory of solving differential equations.*

Results: *a modified Keynes model has been developed, allowing for the calculation and optimization of the budget of educational organizations.*

Practical implications: *the obtained results can be applied to calculate and optimize the budget of an educational institution, in the management of financial resources of organizations and enterprises.*

Keywords: *model; salary; scholarship; investment; solution of the equation; schedule*

For citation. *Ganicheva A.V., Ganichev A.V. Dynamic Model of the Budget of an Educational Institution. Krasnoyarsk Science: Economic Journal, 2024, vol. 13, no. 4, pp. 135-148. DOI: 10.12731/2070-7568-2024-13-4-257*

Введение

Для описания сложных экономических процессов и явлений одного уравнения, связывающего результативный признак с факторными признаками, в ряде случаев оказывается недостаточно. В данной ситуации применяются системы взаимосвязанных уравнений. Если

переменные в уравнениях зависят от времени, то такие модели называются динамическими. Основным методом исследования сложных социально-экономических систем является моделирование [12].

Одной из наиболее важных моделей для проведения макроэкономических исследования является модель Дж. М. Кейнса [8]. Как отмечают авторы статей [1, 4], интерес к данной модели вспыхивает вновь, а теории Кейнса являются актуальными в XXI веке. Возможности и ограничения кейнсианской экономической теории на современном этапе показаны в исследовании [16], а применительно к российской экономике в статье [7]. Модель Кейнса во многом определяет современную макроэкономическую проблематику [3]. Дальнейшие исследования по данной проблематике затрагивают вопросы диффузионной неустойчивости систем [5], разработки экономических моделей стран [13], механизмы эндогенных колебаний в экономических системах [14] и другие направления использования динамических моделей.

Одним, на наш взгляд, из недостаточно изученных направлений применения динамических моделей, описываемых системами уравнений, является учебный процесс. Как отмечает автор статьи [11], растущие требования к вузам вызывают необходимость разработки новых моделей образовательных систем. В статье [2] разработаны модели динамики качества обучения и поиска равновесного значения показателя качества. Финансово-математические модели управления образовательными организациями разработаны в статьях [9; 10; 15].

Цель исследования: разработка динамической модели распределения бюджета вуза на основе модифицированной модели Кейнса.

Материалы и методы

Пусть $Y(t)$ бюджет учебного заведения на данном промежутке времени, например, в начале учебного года и рассматриваемый в течение учебного года; $E_i(t)$ – заработная плата преподавателей и обслуживающего персонала i -ой категории, $i = 1, n$; $S_j(t)$ – стипендии и материальная помощь студентов, $j = 1, m$; $I(t)$ – вложение денежных средств в хозяйственную деятельность. Очевидно, что

$$Y(t) = \sum_{i=1}^n E_i(t) + I(t) + \sum_{j=1}^m S_j(t). \quad (1)$$

Величины $E_i(t)$ и $S_j(t)$ можно представить, соответственно, в виде:

$$E_i(t) = a_i(t) \cdot Y(t) + b_i(t), \quad (2)$$

$$S_j(t) = c_j(t) \cdot Y(t) + d_j(t). \quad (3)$$

Здесь $a_i(t)$ оклад работников i -ой категории (в долях 1); $b_i(t)$ разные надбавки i -ой категории работников; $c_j(t)$ нормативная стипендия j -ой категории учащихся (в долях 1); $d_j(t)$ соответствующие надбавки.

Величину $I(t)$ можно рассматривать как инвестиции в развитие материальной базы учебного заведения. Тогда

$$I(t) = u(t) \cdot Y'(t). \quad (4)$$

Считаем, что $Y'(t) \neq 0$.

Уравнения (1)-(4) образуют систему взаимосвязанных (одно-временных [6]) эконометрических уравнений, так как одни и те же переменные входят и в левую часть системы (в качестве результативных признаков) и в правую часть (в качестве факторных). Переменные правой части уравнения баланса (1) представляют собой сумму частных значений показателей. Уравнение (4) является дифференциальным. Получение результата решения данной системы по методу наименьших квадратов является очень сложной задачей. Поэтому особую значимость имеет получение решения данной системы в аналитическом виде.

Из (1)-(4) получим:

$$Y'(t) = y(t) \left(\left(1 - \sum_{j=1}^m c_j(t) - \sum_{i=1}^n a_i(t) \right) / u(t) \right) - \left(\left(\sum_{j=1}^m d_j(t) + \sum_{i=1}^n b_i(t) \right) / u(t) \right). \quad (5)$$

Решение уравнения (5) запишется в виде:

$$Y(t) = e^{\int P(t)dt} \cdot \left[\int Q(t) \cdot e^{-\int P(t)dt} dt + C \right], \quad (6)$$

$$\text{где } P(t) = \left(1 - \sum_{j=1}^m c_j(t) - \sum_{i=1}^n a_i(t) \right) / u(t); Q(t) = - \left(\sum_{j=1}^m d_j(t) + \sum_{i=1}^n b_i(t) \right) / u(t).$$

Предполагая, что $a_i(t), b_i(t), c_j(t), d_j(t), u(t)$ известные функции, находим функцию $Y(t)$, которая описывает динамическую модель бюджета учебного заведения.

В случае, когда эти функции представляют собой постоянные величины, т.е. $a_i(t) = a_i, b_i(t) = b_i, c_j(t) = c_j, d_j(t) = d_j, u(t) = u$, функции $P(t)$ и $Q(t)$ также будут постоянными величинами, т.е. $P(t) = P$, и $Q(t) = Q$.

Не нарушая общности, считаем, что $t_0 = 0$.

$$\text{Введем обозначения: } \alpha = \sum_{j=1}^m c_j(t) + \sum_{i=1}^n a_i(t), \beta = \sum_{j=1}^m d_j(t) + \sum_{i=1}^n b_i(t).$$

Заметим, что α измеряется в долях 1, β в единицах бюджета. При этом

$$\alpha + \frac{\beta}{Y} + \frac{I}{Y} = 1.$$

Тогда формула (5) запишется в виде:

$$Y'(t) = Y(t)(1 - \alpha) / u - \beta / u. \quad (7)$$

Решение однородного уравнения равно

$$Y(t) = C(t) \cdot e^{\frac{(1-a)}{u}t}. \quad (8)$$

Найдем производную

$$Y'(t) = C'(t) \cdot e^{\frac{(1-a)}{u}t} + C(t) \cdot e^{\frac{(1-a)}{u}t} \cdot \frac{(1-a)}{u}. \quad (9)$$

$$Y'(t) = C'(t) \cdot e^{\frac{(1-a)}{u}t} + C(t) \cdot e^{\frac{(1-a)}{u}t} \cdot \frac{(1-a)}{u}.$$

Подставляя выражения (8) и (9) в (7), получим:

$$C'(t) \cdot e^{\frac{(1-a)}{u}t} = -\beta / u.$$

Находим

$$C(t) = -\frac{\beta}{u} \int e^{\frac{(\alpha-1)}{u}t} \cdot dt = -\frac{\beta}{1-\alpha} e^{\frac{(\alpha-1)}{u}t} + C$$

Таким образом, получаем общее решение уравнения (7):

$$Y(t) = \frac{\beta}{1-\alpha} + C \cdot e^{\frac{(1-\alpha)}{u}t}. \quad (10)$$

Используя начальные условия $Y(t_0) = A$, найдем постоянную C :

$$A = \frac{\beta}{1-\alpha} + C, \text{ т.е. } C = A - \frac{\beta}{1-\alpha}.$$

Следовательно, искомое частное решение

$$Y_u = \frac{\beta}{1-\alpha} + \left(A - \frac{\beta}{1-\alpha} \right) \cdot e^{\frac{(1-\alpha)}{u}t}. \quad (11)$$

Результаты и их обсуждение

При $u < 0$, $A > \frac{\beta}{1-\alpha}$ график Y_u показан на рис. 1 (задано: $\alpha = 0,5$; $u = -1$ усл. един.; $\beta = 3$ усл. един.; $A = 8$ усл. един.).

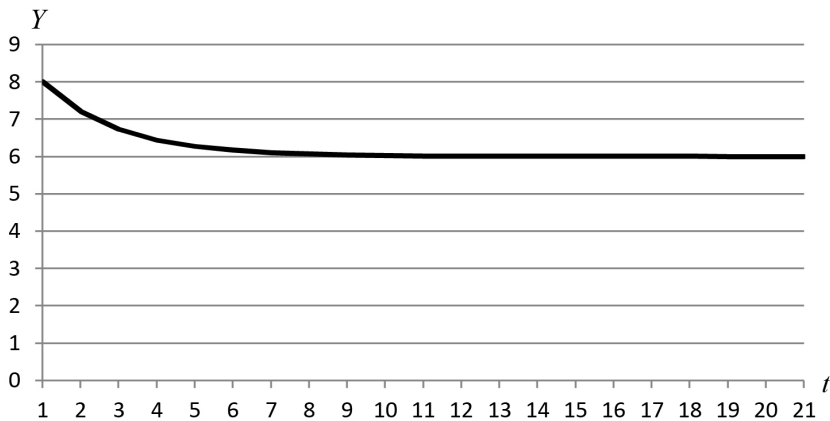


Рис. 1. Зависимость бюджета от времени при $u < 0$, $A > \frac{\beta}{1-\alpha}$.

Если $u < 0$, $A < \frac{\beta}{1-\alpha}$, то график Y_u показан на рис. 2 (задано: $\alpha = 0,7$; $\beta = 3$; $A = 8$; $u = -1$).

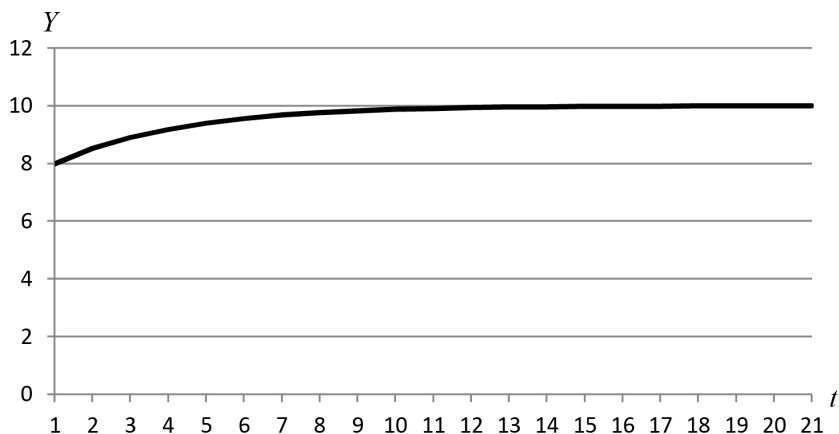


Рис. 2. Зависимость бюджета от времени при $u < 0$, $A < \frac{\beta}{1-\alpha}$.

При $u > 0$, $A > \frac{\beta}{1-\alpha}$ график Y_t показан на рис. 3 (задано: $\alpha = 0,5$; $\beta = 3$; $A = 8$; $u = 1$).

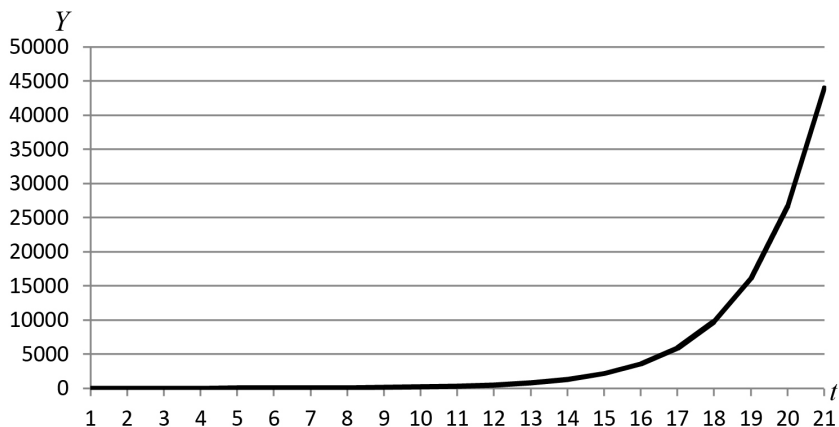


Рис. 3. Зависимость бюджета от времени при $u > 0$, $A > \frac{\beta}{1-\alpha}$.

Если $u > 0$, то график Y_t имеет вид графика на рис. 4 (задано: $\alpha = 0,5$; $\beta = 3$; $A = 5$; $u = 6$).

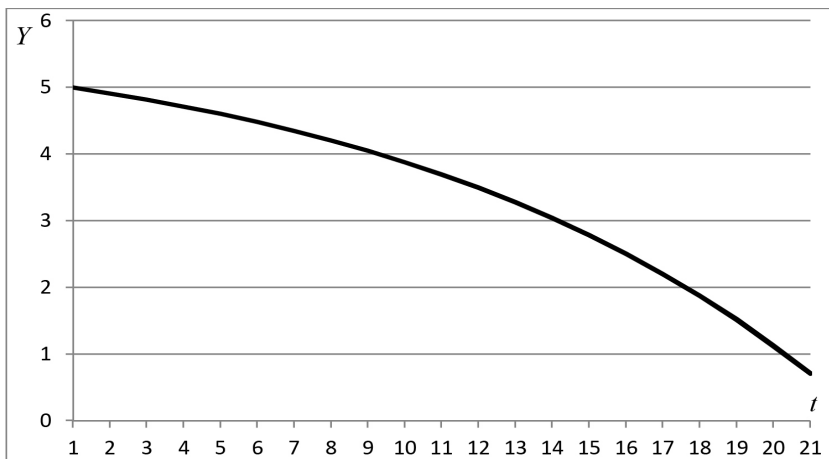


Рис. 4. Зависимость бюджета от времени при $u > 0$, $A < \frac{\beta}{1-\alpha}$

Таким образом, случаи на рис. 2, 3 соответствуют увеличению бюджета, а случаи 1 и 4 – уменьшению.

Итак, рассмотрен случай, когда

- 1) доли бюджета, приходящиеся оклады работникам и стипендии учащимся являются постоянными величинами;
- 2) часть бюджета, расходуемая на надбавки, является постоянной;
- 3) отношение денежных средств, отводимых на хозяйственную деятельность, к скорости изменения бюджета есть постоянная величина.

В этом случае при управлении бюджетом учебного заведения надо учитывать знак отношения $\frac{I}{Y'}$ (вложения денежных средств в хозяйственную деятельность к скорости изменения бюджета) и соотношение между начальным значением бюджета A и отношением $\frac{\beta}{1-\alpha}$, где β сумма надбавок персоналу и учащимся, α сумма долей окладов и стипендий учащихся

Допустим, что $u > 0$, тогда из (11) следует, что бюджет Y возрастает при $A > \frac{\beta}{1-\alpha}$ и убывает при $A < \frac{\beta}{1-\alpha}$. При этом в случае воз-

растания бюджета вложения в хозяйственную деятельность $I > 0$, в случае убывания $I < 0$, т.е. Y возрастает тогда и только тогда, когда $Y' > 0$, убывает тогда и только тогда, когда $Y' < 0$ (случай $Y' = 0$ по допущению не рассматривается).

Ситуация $I < 0$ означает, что вложения в хозяйственную деятельность связано с взятием денежных средств в долг.

Если $u < 0$, то из (11) получаем возрастание бюджета при $A < \frac{\beta}{1-\alpha}$ и убывание бюджета при $A > \frac{\beta}{1-\alpha}$.

Из приведенных расчетов и анализа полученных результатов выработаны следующие рекомендации по управлению бюджетом учебного заведения с учетом его роста:

1). Если вложения в хозяйственную деятельность отрицательны (в долг), то для роста бюджета должно выполняться условие: $A < \frac{\beta}{1-\alpha}$, т.е. начальный бюджет должен быть меньше отношения суммы надбавок к $1-\alpha$ (1 минус сумма долей окладов и стипендий).

2). Если вложения в хозяйственную деятельность положительны, то для роста бюджета должно выполняться условие: $A > \frac{\beta}{1-\alpha}$, т.е. начальный бюджет должен быть больше отношения суммы надбавок к разности $1-\alpha$.

Практическое использование бюджета заключается в его использовании для оперативного планирования и управления учебным заведением. При уменьшении бюджета следует привлекать дополнительные финансовые средства (например, инвестиции, займы и т.д.). При возрастании бюджета можно внедрять инновации в управление образовательной организацией.

Заключение

Разработанная в статье модель может быть использована не только для расчета и оптимизации бюджета образовательного учреждения, но и в других областях, например, при проектном управлении финансовыми средствами организаций и предприятий, организации учебного процесса, при соответствующей адаптации модели, для формирования семейного бюджета.

Список литературы

1. Афанасьев М.П. «Общая теория» Дж. М. Кейнса: истоки и будущность (к 75-летию со дня первой публикации) // Социально-экономические явления и процессы. 2011. № 1. С. 151156.
2. Ганичева А.В. Модели развития учебного процесса // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2011. № 3 (34). С. 3540.
3. Ковалёв А.В. Дебаты Кейнса и Хайека: переосмысление в свете современной макроэкономики // Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика. 2019. Т. 35. № 2. С. 283–308. <https://doi.org/10.21638/spbu05.2019.206>
4. Ковнир В.Н. Актуальность теории Кейнса в XXI веке / В.Н. Ковнир, Е.А. Погребинская // Социально-экономические явления и процессы. 2016. № 11 (4). С. 3444. <https://doi.org/10.20310/1819-8813-2016-11-4-34-44>
5. Куликов А.Н. Модель Кейнса делового цикла и задача о диффузионной неустойчивости / А.Н. Куликов, Д.А. Куликов, Д.Г. Фролов // Итоги науки и техники. Современная математика и ее приложения. Тематические обзоры. 2022. Т. 207. С. 77–90. <https://doi.org/10.36535/0233-6723-2022-207-77-90>
6. Лажаунинкас Ю.В. Построение и анализ математической модели экономических процессов на основе системы одновременных уравнений / Ю.В. Лажаунинкас, Е.В. Берднова // Наука Красноярья. 2021. № 10 (2). С. 132145. <https://doi.org/10.12731/2070-7568-2021-10-2-132-145>
7. Маневич В.Е. Кейнсианская теория и российская экономика. М.: URSS, 2019. 222 с.
8. Нуреев Р.М. «Общая теория занятости, процента и денег» Дж. М. Кейнса: предпосылки возникновения, методология и особенности интерпретации // Журнал институциональных исследований. 2016. Т. 8. № 1. С.635. <https://doi.org/10.17835/2076-6297.2016.8.1.006-035>
9. Шахова Е.Ю. Моделирование распределения рабочего времени преподавателей // Статистика и экономика. 2017. Т. 14. № 1. С. 1123. <https://doi.org/10.21686/2500-3925-2017-1-11-23>

10. Шикульский М.И. Математическая модель и алгоритм распределения и контроля учебной нагрузки между профессорско-преподавательским составом / М.И. Шикульский, Е.М. Евсина, Е.П. Кравченкова // Инженерно-строительный вестник Прикаспия: научно-технический журнал. 2022. № 1 (39). С. 151–157. <https://doi.org/10.52684/2312-3702-2022-39-1-151-157>
11. Bana e Costa C.A. A Multicriteria Decision Analysis Model for Faculty Evaluation / C.A. Bana e Costa, M.D. Oliveira // Omega, Elsevier. 2012. Vol. 40 (4). P. 424-436. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2011.08.006>
12. Cioffi-Revilla C. Computation and Social Science // Introduction to Computational Social Science. 2014. P. 23–66. <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-5661-1>
13. Gulaliyev M. Model shaping forms of state intervention in the economy and economic model of the country / M. Gulaliyev [et. al.] // International Journal of Management and Business Research. 2018. Vol. 8. No 1. P. 8092.
14. Kurkina E.S. Mathematical Models of Investment Cycles // Computational Mathematics and Modeling. 2017. Vol. 28. No. 3. P. 377399. <https://doi.org/10.1007/s10598-017-9371-4>
15. Losev A.G. The Mathematical Model for Financial Provision of Project-Based Education Programmes / A.G. Losev, N.V., N.A. Kizatova // Regional economy south of Russia. 2019. Vol. 7. No. 2. P. 7685. <https://doi.org/10.15688/re.volsu.2019.2.8>
16. Ryazanov V.T. Keynes' Economic Theory and the Politics: Possibilities and Limitations in the Present Stage June // St Petersburg University Journal of Economic Studies, SUJES. 2016. No. 2. P. 326. <https://doi.org/10.21638/11701/spbu05.2016.201>

References

1. Afanas'ev M.P. «Obshchaya teoriya» Dzh. M. Keynsa: istoki i budushchnost' (k 75-letiyu so dnya pervoy publikatsii) [«The General Theory» by J.M. Keynes: Origins and Future (on the 75th Anniversary of the First Publication)]. *Sotsial'no-ekonomicheskie yavleniya i protsessy*, 2011, no. 1, pp. 151-156.

2. Ganicheva A.V. Modeli razvitiya uchebnogo protsessa [Models of Development of the Educational PROCESS]. *Voprosy sovremennoy nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo*, 2011, no. 3 (34), pp. 35-40.
3. Kovalev A.V. Debaty Keynsa i Khayeka: pereosmyslenie v svete sovremennoy makroekonomiki [Keynes-Hayek Debates: Rethinking in Light of Modern Macroeconomics]. *St. Petersburg University Journal of Economic Studies, SUJES*, 2019, vol. 35, no. 2, pp. 283–308. <https://doi.org/10.21638/spbu05.2019.206>
4. Kovnir V.N., Pogrebinskaya E.A. Aktual'nost' teorii Keynsa v XXI veke [Relevance of Keynes's Theory in the 21st Century]. *Social-economic Phenomena and Processes*, 2016, no. 11 (4), pp. 34-44. <https://doi.org/10.20310/1819-8813-2016-11-4-34-44>
5. Kulikov A.N., Kulikov D.A., Frolov D.G. Model' Keynsa delovogo tsikla i zadacha o diffuzionnoy neustoychivosti [Keynes's Model of the Business Cycle and the Problem of Diffusion Instability]. *Itogi nauki i tekhniki. Sovremennaya matematika i ee prilozheniya. Tematicheskie obzory*, 2022, vol. 207, pp. 77–90. <https://doi.org/10.36535/0233-6723-2022-207-77-90>
6. Lazhauninkas Yu.V., Berdnova E.V. Postroenie i analiz matematicheskoy modeli ekono-micheskikh protsessov na osnove sistemy odnovremennykh uravneniy [Construction and analysis of a mathematical model of economic processes based on a system of simultaneous equations]. *Nauka Krasnoyar 'ya*, 2021, no. 10 (2), pp. 132-145. <https://doi.org/10.12731/2070-7568-2021-10-2-132-145>
7. Manevich V.E. *Keynsianskaya teoriya i rossiyskaya ekonomika* [Keynesian theory and the Russian economy]. M.: URSS, 2019, 222 p.
8. Nureev R.M. «Obshchaya teoriya zanyatosti, protsenta i deneg» Dzh. M. Keynsa: predposylki vozniknoveniya, metodologiya i osobennosti interpretatsii [«The General Theory of Employment, Interest and Money» by J. M. Keynes: background, methodology and features of interpretation]. *Journal of institutional Studies*, 2016, vol. 8, no. 1, pp. 6-35. <https://doi.org/10.17835/2076-6297.2016.8.1.006-035>
9. Shakhova E.Yu. Modelirovanie raspredeleniya rabocheho vremeni prepodavateley [Modeling the distribution of teachers' working time]. *Statistika i ekonomika*, 2017, vol. 14, no. 1, pp. 11-23. <https://doi.org/10.21686/2500-3925-2017-1-11-23>

10. Shikul'skiy M.I., Evsina E.M., Kravchenkova E.P. Matematicheskaya model' i algoritm raspredeleniya i kontrolya uchebnoy nagruzki mezhdu professorsko-prepodavatel'skim sostavom [Mathematical model and algorithm for distribution and control of the teaching load between the teaching staff]. *Inzhenerno-stroitel'nyy vestnik Prikaspiya: nauchno-tekhnicheskiy zhurnal*, 2022, no. 1 (39), pp. 151–157. <https://doi.org/10.52684/2312-3702-2022-39-1-151-157>
11. Bana e Costa C.A., Oliveira M. D. A Multicriteria Decision Analysis Model for Faculty Evaluation. *Omega*, 2012, vol. 40 (4), pp. 424-436. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2011.08.006>
12. Cioffi-Revilla C. Computation and Social Science. *Introduction to Computational Social Science*, 2014, pp. 23–66. <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-5661-1>
13. Gulaliyev M., Abasova S., Mehdiyeva I., Sultanova N. Model shaping forms of state intervention in the economy and economic model of the country / M. Gulaliyev [et. al.]. *International Journal of Management and Business Research*, 2018, vol. 8, no. 1, pp. 80-92.
14. Kurkina E.S. Mathematical Models of Investment Cycles. *Computational Mathematics and Modeling*, 2017, vol. 28, no. 3, pp. 377-399. <https://doi.org/10.1007/s10598-017-9371-4>
15. Losev A.G., Kizatova N.A. The Mathematical Model for Financial Provision of Project-Based Education Programmes. *Regional economy south of Russia*, 2019, vol. 7, no. 2, pp. 76-85. <https://doi.org/10.15688/re.volsu.2019.2.8>
16. Ryazanov V.T. Keynes' Economic Theory and the Politics: Possibilities and Limitations in the Present Stage June. *St. Petersburg University Journal of Economic Studies, SUJES*, 2016, no. 2, pp. 3-26. <https://doi.org/10.21638/11701/spbu05.2016.201>

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Ганичева Антонина Валериановна, доцент кафедры «Физико-математических дисциплин и информационных технологий», кандидат физико-математических наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тверская государственная сельскохозяйственная академия»,

*ул. Маршала Василевского (Сахарово), 7, г. Тверь, 170904,
Российская Федерация
tgan55@yandex.ru*

Ганичев Алексей Валерианович, старший преподаватель кафедры
«Информатики и прикладной математики»
*Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Тверской государствен-
ный технический университет»
наб. Аф. Никитина, 22, г. Тверь, 170026, Российская Фе-
дерация
alexej.ganichev@yandex.ru*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Antonina V. Ganicheva, Associate Professor «Physical and Mathematical
Disciplines and Information Technologies», Candidate of Physical
and Mathematical Sciences, Associate Professor
*Tver State Agricultural Academy
7, Marshal Vasilevsky Str. (Sakharovo), Tver, 170904, Russian
Federation
tgan55@yandex.ru
SPIN-code: 9049-4545
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0224-8945>*

Aleksey V. Ganichev, Senior Lecturer «Computer Science and Applied
Mathematics»
*Tver State Technical University
22, Af. Nikitin Emb., Tver Region, 170026, Russian Federation
alexej.ganichev@yandex.ru
SPIN-code: 4747-0880
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3389-7582>*

Поступила 12.10.2024

После рецензирования 12.11.2024

Принята 22.11.2024

Received 12.10.2024

Revised 12.11.2024

Accepted 22.11.2024