

ОЦЕНКА И ОПТИМИЗАЦИЯ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ РЕСУРСАМИ СТРАТЕГИЙ РАЗВИТИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА В РОССИИ В УСЛОВИЯХ РЫНОЧНОЙ ЭКОНОМИКИ

Е. А. Воронин

Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление»
Российской академии наук, Москва, Россия
e.voronin1@gmail.com

Аннотация. *Актуальность и цели.* Предложены и разработаны математические методы оценки и оптимизации обеспеченности ресурсами стратегий пространственного развития отдельных отраслей сельского хозяйства в России в условиях рыночной экономики. *Материалы и методы.* В их основу положен вероятностный подход к оценке обеспеченности ресурсами стратегий развития и методы теории оптимального управления распределением финансовых ресурсов и нагрузки на природные ресурсы с учетом их случайного характера. *Результаты и выводы.* Полученные результаты позволят повысить надежность и качество принимаемых стратегий развития отраслей промышленности и сельского хозяйства в условиях рыночной экономики.

Ключевые слова: экономика, развитие, стратегии, управление, ресурсы, оптимизация, сельское хозяйство, финансы, оптимизация, вероятность, прибыль

Для цитирования: Воронин Е. А. Оценка и оптимизация обеспеченности ресурсами стратегий развития отдельных отраслей промышленности и сельского хозяйства в России в условиях рыночной экономики // Надежность и качество сложных систем. 2022. № 4. С. 135–142. doi:10.21685/2307-4205-2022-4-14

EVALUATION AND OPTIMIZATION OF RESOURCE ENDOWMENT STRATEGIES FOR THE DEVELOPMENT OF INDIVIDUAL INDUSTRIES AND AGRICULTURE IN RUSSIA IN A MARKET ECONOMY

E.A. Voronin

Federal Research Centre "Computer Sciences and Control" of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
e.voronin1@gmail.com

Abstract. *Background.* The paper proposes and develops mathematical methods for assessing and optimizing the resource endowment of strategies for the spatial development of individual sectors of agriculture in Russia in a market economy. *Materials and methods.* They are based on a probabilistic approach to assessing the availability of resources for development strategies and methods of the theory of optimal management of the distribution of financial resources and the pressure on natural resources, taking into account their random nature. *Results and conclusions.* The results obtained will improve the reliability and quality of the adopted strategies for the development of industries and agriculture in a market economy.

Keywords: economics, development, strategies, management, resources, optimization, agriculture, finance, optimization, probability, profit

For citation: Voronin E.A. Evaluation and optimization of resource endowment strategies for the development of individual industries and agriculture in Russia in a market economy. *Nadezhnost' i kachestvo slozhnykh sistem = Reliability and quality of complex systems.* 2022;(4):135–142. (In Russ.). doi:10.21685/2307-4205-2022-4-14

Введение

Выбор стратегии развития – сложная многоэтапная задача. Она решается на всех уровнях экономики сельского хозяйства [1]: федеральном [1], региональном [1, 2], муниципальном [3] и отдельного предприятия [4].

Любая из этих стратегий выбирается, строится и реализуется по схеме (рис. 1) [3, 4].

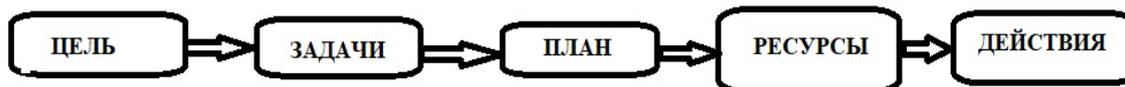


Рис. 1. Этапы разработки и реализации стратегий развития

Известно, что большинство провалов стратегий развития было в основном из-за неправильно или недостаточного обеспечения ресурсами. Это – финансовые ресурсы, материальные ресурсы, людские ресурсы, социальные ресурсы, а для сельского хозяйства – природные ресурсы. Поэтому правильный подбор видов и структуры ресурсов на этапе планирования является главной проблемой и задачей [1].

В условиях рыночной экономики она стала актуальной и сложной из-за случайного характера их объемов и качества при наличии всякого рода санкций и ограничений в настоящее время. В сельском хозяйстве природные ресурсы имели и имеют случайный характер в пространстве и времени.

Необходимо это учитывать при выборе стратегий развития регионов АПК, технологий и видов хозяйственной деятельности, взяв за основу вероятностный подход и соответственные методики математического моделирования и прогнозирования их результатов.

Исходя из этого была поставлена задача выбора объемов и структуры ресурсов для реализации стратегий пространственного развития отдельных отраслей промышленности и регионов сельского хозяйства России в условиях рыночной экономики при случайном характере доступных объемов финансовых, материальных и природных ресурсов.

Материалы и методы

В методических подходах и практике задача выбора оптимальной стратегии развития решалась и решается методами теории игр [5, 6].

До настоящего времени при недостаточном количестве необходимой статистической информации она решается табличным способом, при допущении полной неопределенности [5] по правилу Вальда

$$C = \min_j \max_i A_{ij}, \quad (1)$$

где A_{ij} – убытки при этой стратегии.

Или по правилу Сэвиджа

$$C = \min_j \max_i (A_{ij} - \min_j A_{ij}). \quad (2)$$

Однако в условиях широкой цифровизации сельского хозяйства и наличия достаточного объема статистических данных наиболее адекватным будет вероятностный подход [6]. Он позволяет получать более достоверные оценки принимаемых решений.

Если учесть, что выбор и комплектация ресурсов проводятся по данным случайного характера, то эту задачу можно свести к задаче оценки вероятности реализуемости стратегии.

Для этого достаточно ввести показатель вероятности комплектации стратегии необходимым набором ресурсов, обозначив его как $P_0 = P(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n)$, где x_i – объем необходимого ресурса.

Тогда критерием успешности реализации стратегии в ресурсном варианте будет иметь вид

$$P(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n) \geq P_0, \quad (3)$$

т.е. вероятность успешной комплектации стратегии ресурсами должна быть больше или равной заданной, предварительно обоснованной по соответствующей методике.

Множество $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ характеризует основные свойства стратегии развития, а его элементы взаимосвязаны технологией реализации.

С некоторым допущением можно считать, что в условиях рыночной экономики доступность одного ресурса не зависит от доступности другого ресурса, т.е.

$$P(x_i \cap x_j) = P(x_i)P(x_j). \quad (4)$$

Доступность ресурса в вероятностном пространстве можно представить в виде соответствующей функции распределения $F(x_i) = P(x_i < X)$ или ее плотности распределения $f(x_i) = \frac{dF(x_i)}{dx_i}$.

При этом вероятность гарантированной доступности ресурса будет определяться как вероятность получения ресурса больше или равного требуемого объема x_{j0} , т.е.

$$P(x_i) = P(x_i \geq x_{i0}) = \int_{x_{i0}}^{\infty} f(x_i) dx_i = 1 - F(x_i). \quad (5)$$

Исходя из определений (4) и (5) вероятность реализации стратегии по выбранному набору необходимых ресурсов будет вычисляться по формуле

$$P(x_1, x_2 \dots x_i \dots x_n) = P(x_1)P(x_2) \dots P(x_n) = \prod_i P(x_i). \quad (6)$$

Особую роль при освоении и развитии аграрных территорий играет наличие и доступность природных и финансовых ресурсов.

Под доступностью природных ресурсов понимаются урожайность земельных угодий, лесов, лугов и водоемов, полезных ископаемых (газ, нефть, руда). Ее математически можно определить как вероятность получения заданного объема продукции с единицы площади или с единицы объекта животноводства, в виде функции распределения $F(x)$ или ее плотности распределения $f(x)$. Они находятся по результатам предварительных наблюдений или экспериментов известными методами математической статистики и теории вероятностей [7].

В рыночной экономике финансовым источником развития, по определению, может быть рынок капитала и частные инвесторы.

Наличие и величина финансовых ресурсов θ при этом определяется как вероятность привлечения частного капитала к проекту развития, представляемая в виде функции распределения. Многочисленными исследованиями установлено, что они имеют специфический характер степенного закона $f(\theta) = a\theta^{-k}$ или распределения Парето [8–10]. Для развивающихся экономических систем с синергетическими и фрактальными особенностями наблюдаются такие же закономерности (рис. 2) [11, 12].

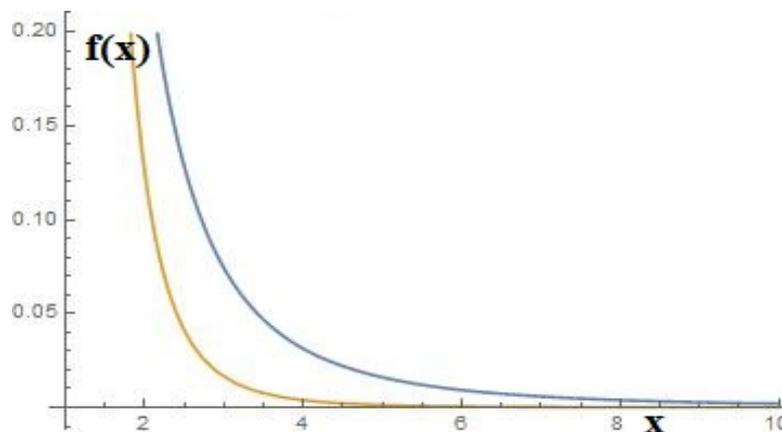


Рис. 2. Степенные функции плотности распределения вероятностей

Если известна или экспериментально установлена функция распределения доступных финансовых ресурсов, как $F(\theta) = P(\theta < \theta)$, то доступность необходимых финансовых ресурсов определяется из соотношения

$$P(\theta) = \int_{\theta}^{\infty} f(\theta) d\theta = 1 - F(\theta). \quad (7)$$

Часто возникает задача получения функции распределения капитала или природных ресурсов, когда имеются два источника одного и того же ресурса, но с разными распределениями вероятностей $F_1(x)$ и $F_2(x)$ необходимо найти функцию суммарного распределения ресурса, т.е. распределение суммы двух случайных величин.

Она находится из следующего выражения [7]:

$$f(y) = \int_0^{\infty} f_1(x)f_2(y-x)dx, \quad (8)$$

где $f_1(x)$ – функция плотности распределения для первого объекта; $f_2(y-x)$ – функция плотности распределения вероятностей для второго объекта; y – суммарный объем ресурсов для двух источников.

Не всегда удается получить свертку некоторых распределений, т.е. получить интеграл (8) в аналитическом виде. Эта проблема решается методом Монте-Карло путем генерации двух выборок по сворачиваемым распределениям, парного суммирования их элементов и построения распределения плотности вероятностей по суммарной выборке.

При таком объединении источников ресурсов наблюдается интересная особенность.

Рассмотрим ее на примере 1-х объектов с экспоненциальными распределениями вероятностей:

$$f_1(x) = \lambda_1 \exp(-\lambda_1 x), \quad (9)$$

$$f_2(x) = \lambda_2 \exp(-\lambda_2 x). \quad (10)$$

Тогда после подстановки (9, 10) в (8) и интегрирования получим

$$f(y) = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} (\exp(-\lambda_1 x) - \exp(-\lambda_2 x)). \quad (11)$$

Для $\lambda_1 = 2$ и $\lambda_2 = 4$ построены графики, представленные на рис. 3.

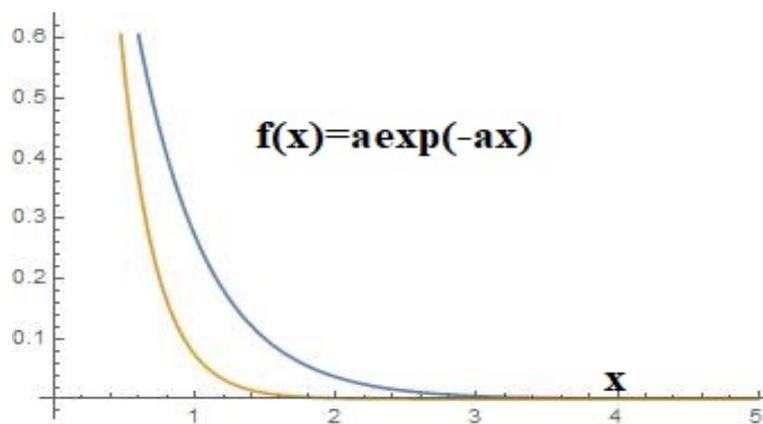


Рис. 3. Экспоненциальные законы распределения плотности вероятности

Вид $f(y)$ представлен на рис. 4.

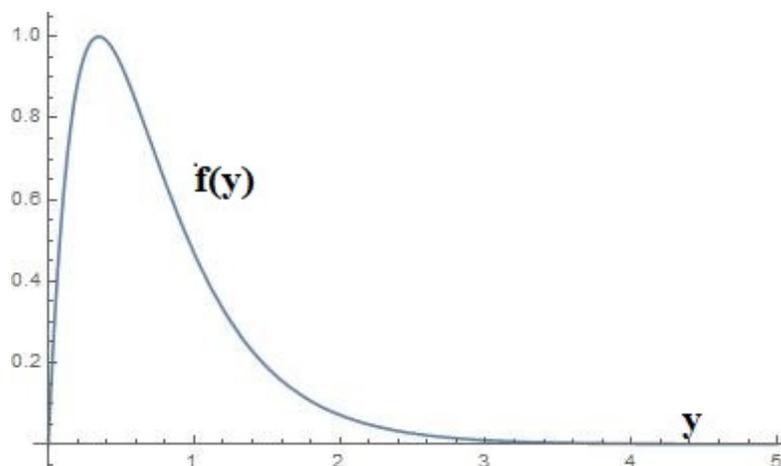


Рис. 4. Функция плотности вероятностей доступности суммы ресурсов

Из него видно, что на нем в отличие от экспоненциальных распределений явно выражено значение максимальной вероятности доступности ресурса. Это позволяет находить и выбирать гарантированные значения объема доступного ресурса из нескольких источников.

В случае наличия более двух источников ресурсов распределение вероятности по их суммарной доступности находится путем последовательной парной свертки их функций распределения по формуле (8).

Серьезной проблемой эксплуатации природных ресурсов является распределение нагрузки на них, т.е. выбор оптимального значения извлекаемого ресурса с учетом затрат на извлечение.

Предлагаемый математический формализм позволяет решить задачи оптимального управления природными ресурсами (нагрузки на них) и оптимального распределения финансовых средств на их поддержку.

Для этого предлагается ввести определение показателя оптимальности в виде

$$Z(x) = vxP(x) - cx, \quad (12)$$

где $Z(x)$ – прибыль от извлеченных ресурсов; $vxP(x)$ – ожидаемая выручка от реализации ресурса; cx – затраты на извлечение ресурса; v – цена единицы ресурса; c – удельные затраты на извлечение ресурса; x – объем извлеченного ресурса или нагрузки на него.

Вид зависимости этого показателя от объема нагрузки при различных себестоимостях извлечения $\{v = 4, c = 0,2; 0,5; 0,8\}$ и $P(x) = \exp(-x)$ представлен на графиках рис. 4.

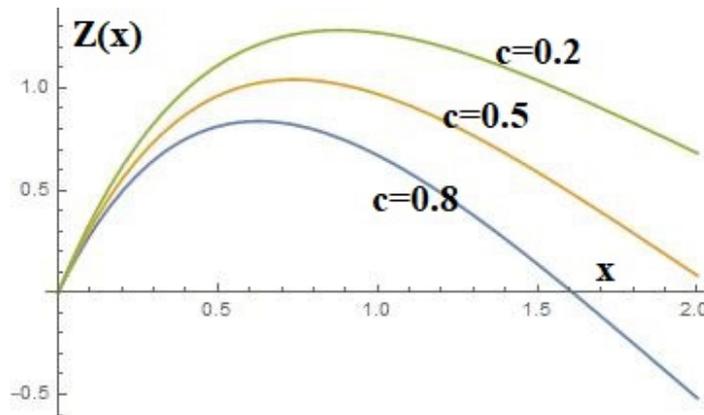


Рис. 4. Зависимость ожидаемой прибыли от себестоимости и нагрузки

Характер графиков показывает на явное наличие одного и единственного оптимального значения прибыли.

Следовательно, задача выбора оптимальной нагрузки на ресурс решается путем реализации соотношения

$$\text{opt}(x) = \arg \max_x Z(x) = \arg \max_x [vxP(x) - cx]. \quad (13)$$

Путем решения уравнения

$$\frac{d}{dx}(vxP(x) - cx) = 0. \quad (14)$$

Для решения задачи оптимального распределения финансирования и нагрузки на ресурсы при реализации стратегии использования нескольких природных ресурсов сформулируем ее:

- имеется n -объектов для получения на них аграрной продукции $\{x_i, i = 1, 2, 3, \dots, n\}$;
- для каждого объекта известны вероятности $\{P(x_i), i = 1, 2, 3, \dots, n\}$;
- имеются доступные финансовые ресурсы объемом R ;
- найти оптимальное распределение финансовых ресурсов и нагрузку на природные ресурсы, дающее максимальную прибыль от вложенных средств и природных ресурсов.

Используя введенный показатель эффективности (12), для объединенных ресурсов можно представить эту задачу в формализованном виде

$$\text{opt}\{x_i, i = 1, 2, \dots, n\} = \arg \max_{x, i=1..n} \sum_i Z(x_i), \quad (15)$$

при условии

$$\sum_i c_i x_i = R. \quad (16)$$

Это задача оптимизации с ограничениями на управляющие параметры и решается она методом Лагранжа с критерием оптимизации в виде

$$L(x_i, i = 1, 2, \dots, n) = \sum_i Z(x_i) + \lambda \left(\sum_i c_i x_i - R \right), \quad (17)$$

и системы уравнений

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial x_i} L(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) &= 0, \quad i = 1..n, \\ \sum_i c_i x_i - R &= 0. \end{aligned} \quad (18)$$

При этом объем финансовых ресурсов, выделяемый на каждый природный ресурс, находится из выражения

$$\theta_i = c_i x_i, \quad (19)$$

$$\sum_i \theta_i = R. \quad (20)$$

Решение системы уравнений существует и единственно, так как функция $\sum_i Z(x_i)$ строго вогнута по всем x_i , подтверждается на рис. 4.

Осуществить это можно известными численными методами [13], получив из выражения (18) множества $\{x_i, i = 1..n\}$ и $\{\theta_i, i = 1..n\}$ из выражения (19).

Заключение

1. Предложенный критерий обеспеченности стратегий развития финансовыми, трудовыми, технологическими и природными ресурсами позволяет получить достоверные оценки и принять адекватные управляющие решения исходя из реальной ситуации в экономике, промышленности и сельском хозяйстве.

2. Разработанный метод выбора оптимальной нагрузки на используемые ресурсы позволяет рационально их использовать без ущербов и необоснованных финансовых потерь.

3. Предлагаемые методы распределения нагрузки на природные ресурсы и финансов на их поддержание в состоянии высокой продуктивности позволит выбрать оптимальную стратегию пространственного и технологического развития региона и отрасли.

Список литературы

1. Алтухов А. И., Папцов А. Г., Силаева Л. П. [и др.]. Развитие сельского хозяйства геостратегических территорий России : монография / под науч. рук. акад. РАН А. И. Алтухова. М. : Научный консультант, 2022. 300 с.
2. Майданевич Ю. П., Анопченко Т. Ю. Стратегия развития агропромышленного комплекса в контексте устойчивого развития региона // Наука и образование: хозяйство и экономика; предпринимательство; хозяйство и управление. 2017. № 6.
3. Садыкова Л. Н., Константинова Л. Ф. Факторы инновационной стратегии развития компании // Global & Regional Research. 2020. Т. 2, № 1.
4. Назаров А. Г. Классификация и систематизация стратегий развития промышленных предприятий // Вестник Российского государственного гуманитарного университета. Сер.: Экономика. Управление. Право. 2019. № 2. С. 102–116. doi:10.28995/2073-6304-2019-2-102-116
5. Конотопов М. Н. Выбор бизнес-стратегии фирмы в условиях полной неопределенности // Статистика и математические методы в экономике. 2013. № 6. С. 164–166.

6. Диксит А., Скит С., Рейли-мл. Д. Стратегические игры. Доступный учебник по теории игр : пер. с англ. Н. Яцюк / науч. ред. А. Минько. М. : Манн, Иванов и Фербер, 2017. 880 с.
7. Вентцель Е. С., Овчаров Л. А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения : учеб. пособие для вузов. 2-е изд., стер. М. : Высш. шк., 2000. 480 с.
8. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Pareto_principle#cite_note-20
9. Laherrère J., Sornette D. Stretched exponential distributions in nature and economy: "fat tails" with characteristic scales // *The European Physical Journal B*. 1998. Vol. 2, № 4. P. 525–539. doi:10.1007/s100510050276
10. Newman M. E. J., Reggiani A., Nijkamp P. Power laws, Pareto distributions and Zipf's law // *Cities*. 2005. Vol. 30, № 2005. P. 323–351. doi:10.1016/j.cities.2012.03.001
11. Занг В.-Б. Синергетическая экономика: время и переменные в нелинейной экономической теории. М. : Мир, 1999. 400 с.
12. Кирдиной-Чэндлер С. Г., Дерябиной М. А. Очерки по экономической синергетике / под ред. В. И. Маевского. М. : ИЭ РАН, 2017. 182 с.
13. Кохендерфер М. Дж., Уиллер Т. А. Алгоритмы оптимизации : пер. с англ. СПб. : Диалектика, 2020. 528 с.
14. Северцев Н. А., Дарьина А. Н. Применение критериев подобия при ресурсной обработке сложных технических систем и изделий // *Надежность и качество сложных систем*. 2019. № 1. С. 5–14.
15. Быстров В. В., Маслобоев А. В. Технология информационной поддержки жизненного цикла управления мероприятиями по противодействию угрозам социально-экономической безопасности // *Надежность и качество сложных систем*. 2018. № 4. С. 150–164.

References

1. Altukhov A.I., Paptsov A.G., Silaeva L.P. et al. *Razvitie sel'skogo khozyaystva geostrategicheskikh territoriy Rossii: monografiya / pod nauch. ruk. akad. RAN A.I. Altukhova = Development of agriculture in geostrategic territories of Russia : monograph / under scientific hands. acad. RAS A.I. Altukhova*. Moscow: Nauchnyy konsultant, 2022:300. (In Russ.)
2. Maydanevich Yu.P., Anopchenko T.Yu. Strategy of development of the agro-industrial complex in the context of sustainable development of the region. *Nauka i obrazovanie: khozyaystvo i ekonomika; predprinimatel'stvo; khozyaystvo i upravlenie = Science and education: economy and economics; entrepreneurship; economy and management*. 2017;(6). (In Russ.)
3. Sadykova L.N., Konstantinova L.F. Factors of the company's innovative development strategy. *Global & Regional Research*. 2020;2(1).
4. Nazarov A.G. Classification and systematization of strategies for the development of industrial enterprises. *Vestnik Rossiyskogo gosudarstvennogo gumanitarnogo universiteta. Ser.: Ekonomika. Upravlenie. Pravo = Bulletin of the Russian State University for the Humanities. Ser.: Economics. Management. Right*. 2019;(2):102–116. (In Russ.). doi:10.28995/2073-6304-2019-2-102-116
5. Konotopov M.N. The choice of a firm's business strategy in conditions of complete uncertainty. *Statistika i matematicheskie metody v ekonomike = Statistics and mathematical methods in economics*. 2013;(6):164–166. (In Russ.)
6. Diksit A., Skit S., Reyli-ml. D. *Strategicheskie igry. Dostupnyy uchebnik po teorii igr: per. s angl. N. Yatsyuk = Strategic games. An accessible textbook on game theory : translated from English by N. Yatsyuk*. Moscow: Mann, Ivanov i Ferber, 2017:880. (In Russ.)
7. Venttsel' E.S., Ovcharov L.A. *Teoriya veroyatnostey i ee inzhenernye prilozheniya: ucheb. posobie dlya vtuzov. 2-e izd., ster. = Probability theory and its engineering applications : a textbook for higher education institutions. 2nd ed., ster.* Moscow: Vyssh. shk., 2000:480. (In Russ.)
8. Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Pareto_principle#cite_note-20
9. Laherrère J., Sornette D. Stretched exponential distributions in nature and economy: "fat tails" with characteristic scales. *The European Physical Journal B*. 1998;2(4):525–539. doi:10.1007/s100510050276
10. Newman M.E.J., Reggiani A., Nijkamp P. Power laws, Pareto distributions and Zipf's law. *Cities*. 2005;30(2005):323–351. doi:10.1016/j.cities.2012.03.001
11. Zang V.-B. *Sinergeticheskaya ekonomika: vremya i peremeny v nelineynoy ekonomicheskoy teorii = Synergetic economics: time and changes in nonlinear economic theory*. Moscow: Mir, 1999:400. (In Russ.)
12. Kirdinoy-Chendler S.G., Deryabinoy M.A. *Ocherki po ekonomicheskoy sinergetike = Essays on economic synergetics*. Moscow: IE RAN, 2017:182. (In Russ.)
13. Kokhenderfer M.Dzh., Uiller T.A. *Algoritmy optimizatsii: per. s angl = Optimization algorithms : trans. from English*. Saint Petersburg: Dialektika, 2020:528. (In Russ.)
14. Severtsev N.A., Dar'ina A.N. Application of similarity criteria in resource testing of complex technical systems and products. *Nadezhnost' i kachestvo slozhnykh system = Reliability and quality of complex systems*. 2019;(1):5–14. (In Russ.)
15. Bystrov V.V., Masloboev A.V. Technology of information support for the life cycle of management of measures to counter threats to socio-economic security. *Nadezhnost' i kachestvo slozhnykh system = Reliability and quality of complex systems*. 2018;(4):150–164. (In Russ.)

Информация об авторах / Information about the authors

Евгений Алексеевич Воронин

доктор технических наук, профессор,
ведущий научный сотрудник,
Федерального исследовательского центра
«Информатика и управление»
Российской академии наук
(Россия, г. Москва, пр-т 60-летия Октября, 9)
E-mail: e.voronin1@gmail.com

Evgeniy A. Voronin

Doctor of technical sciences, professor,
leading researcher,
Federal Research Center "Computer Science
and Control" of the Russian Academy of Sciences
(9 60-letiya Oktyabrya avenue, Moscow, Russia)

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов /
The authors declare no conflicts of interests.**

Поступила в редакцию/Received 27.04.2022

Поступила после рецензирования/Revised 30.05.2022

Принята к публикации/Accepted 24.06.2022