

УДК 004.048

DOI: [10.26102/2310-6018/2026.54.3.015](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2026.54.3.015)

Алгоритмизация управления распределением ограниченных финансовых ресурсов в региональном социальном фонде на основе нейронных сетей ART-MAP

В.Л. Бурковский, А.Е. Обухова✉

*Воронежский государственный технический университет, Воронеж,
Российская Федерация*

Резюме. В условиях сохраняющейся ограниченности бюджетных ресурсов, усугубляемой возрастающей социальной нагрузкой на региональные бюджеты, проблема поиска эффективных механизмов распределения средств государственных социальных фондов приобретает первостепенное значение. От того, насколько рационально и справедливо будут распределены ресурсы, напрямую зависит социальное самочувствие миллионов граждан и стабильность общественных отношений. Ключевым элементом для построения такой эффективной системы является наличие четкой, научно обоснованной и, что особенно важно, отранжированной по степени приоритетности классификации групп-получателей социальной помощи. Такая классификация позволяет перейти от уравнительного принципа поддержки к адресному, концентрируя усилия и средства на наиболее уязвимых категориях населения. В данной статье предлагается к рассмотрению инновационный подход к алгоритмизации этого сложного процесса. Предлагаемый метод основан на интеграции разработанной иерархической классификации получателей с современными нейросетевыми технологиями, а именно с архитектурами семейства ART-MAP. Использование данных нейросетей позволяет создать гибкую, адаптивную систему, способную обучаться в реальном времени, учитывать динамику изменений социальной среды и обеспечивать не только точную, но и полностью прозрачную, понятную и обоснованную дисперсию (перераспределение) финансовых потоков, что критически важно для соблюдения принципов социальной справедливости.

Ключевые слова: распределение финансовых ресурсов, региональный социальный фонд, нейронные сети, алгоритмизация, управление.

Для цитирования: Бурковский В.Л., Обухова А.Е. Алгоритмизация управления распределением ограниченных финансовых ресурсов в региональном социальном фонде на основе нейронных сетей ART-MAP. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2026;14(3). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/article?id=2242> DOI: 10.26102/2310-6018/2026.54.3.015

Algorithmization of managing the distribution of limited financial resources in the regional social fund based on ART-MAP neural networks

V.L. Burkovsky, A.E. Obukhova✉

Voronezh State Technical University, Voronezh, the Russian Federation

Abstract. In a context of persistently limited budgetary resources, exacerbated by the growing social burden on regional budgets, the problem of finding effective mechanisms for distributing state social funds is of paramount importance. The social well-being of millions of citizens and the stability of social relations directly depend on how rationally and fairly resources are distributed. A key element in building such an effective system is a clear, scientifically sound, and, crucially, prioritized classification of recipient groups of social assistance. This classification allows for a shift from an egalitarian support approach to a targeted approach, focusing efforts and resources on the most vulnerable groups. This

article proposes an innovative approach to algorithmizing this complex process. The proposed method is based on integrating the developed hierarchical classification of recipients with modern neural network technologies, specifically the ART-MAP family of architectures. The use of neural network data allows for the creation of a flexible, adaptive system capable of learning in real time, taking into account the dynamics of changes in the social environment, and ensuring not only accurate but also completely transparent, understandable, and justified dispersion (redistribution) of financial flows, which is critical for upholding the principles of social justice.

Keywords: financial resource allocation, regional social fund, neural networks, algorithmization, management.

For citation: Burkovsky V.L., Obukhova A.E. Algorithmization of managing the distribution of limited financial resources in the regional social fund based on ART-MAP neural networks. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2026;14(3). (In Russ.). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/article?id=2242> DOI: 10.26102/2310-6018/2026.54.3.015

Введение

Управление финансами регионального социального фонда – это многокритериальная задача в условиях высокой неопределенности. Руководители сталкиваются с рядом вызовов, таких как хроническая ограниченность ресурсов, которая никогда не покрывает все существующие потребности, и множественность заявок, требующая одновременной оценки сотен обращений от физических лиц, учреждений. Традиционные методы часто страдают от субъективизма, что приводит к непрозрачности и ошибкам, а динамичная социально-экономическая среда постоянно требует гибкой корректировки приоритетов [1]. Внедрение формализованных алгоритмов на основе искусственного интеллекта позволяет перевести процесс принятия решений на качественно новый уровень.

Эффективное управление социальным фондом невозможно без четкой предварительной приоритизации объектов распределения ресурсов [2]. В основе предлагаемой модели лежит следующая классификация социальных групп, отранжированная по степени важности, где приоритет определяется критериями сохранения жизни, здоровья, минимальных условий для существования и долгосрочного социального эффекта [3].

Высший приоритет (угроза жизни и базовому существованию): к этой группе относятся граждане, оказавшиеся в ситуациях, напрямую угрожающих их жизни и здоровью, а также лишенные минимальных средств к существованию. Сюда входят пациенты, нуждающиеся в дорогостоящей срочной операции или жизненно важных лекарствах; люди с инвалидностью I группы, не имеющие возможности к самообслуживанию; дети-сироты и граждане, оставшиеся без крова в результате чрезвычайных ситуаций. Финансирование для этой категории является безусловным и безотлагательным.

Высокий приоритет (сохранение здоровья и предотвращение социальной деградации): эта категория включает граждан, чье положение, хотя и не является сиюминутно критическим, может резко ухудшиться без оказания помощи. Это дети из многодетных и малообеспеченных семей, нуждающиеся в лечении или реабилитации; инвалиды II и III групп, требующие технических средств реабилитации; пожилые люди, одиноко проживающие и неспособные к самообслуживанию; семьи, находящиеся на грани потери жилья. Помощь этой группе направлена на стабилизацию их положения и предотвращение их перехода в группу высшего приоритета.

Средний приоритет (обеспечение социальной интеграции и развития): в эту группу входят граждане, нуждающиеся в поддержке для полноценной интеграции в

общество и реализации своего потенциала. Это выпускники детских домов, получающие первое жилье или профессиональное образование; безработные, проходящие переквалификацию по востребованным в регионе профессиям; семьи, воспитывающие детей-инвалидов и нуждающиеся в психологической или социальной адаптации; учреждения, реализующие проекты по трудоустройству уязвимых групп. Финансирование здесь имеет инвестиционный характер, направленный на долгосрочное снижение социальной нагрузки.

Низкий приоритет (повышение качества жизни и реализация социальных проектов): к этому уровню относятся заявки, направленные на общее повышение качества жизни и развитие социальной инфраструктуры, но не связанные с острыми рисками. Это финансирование местных культурных инициатив, программ досуга для пенсионеров, благоустройства дворовых территорий в депрессивных районах и т. д. Данные проекты рассматриваются после удовлетворения потребностей высших категорий.

Целью статьи является разработка алгоритмического обеспечения принятия управленческого решения по распределению ресурса организационной системы регионального и социального фонда на основе классификационного и оптимизационного моделирования.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

- характеристика исследуемой организационной системы, как объекта управления ресурсораспределительным процессом;
- алгоритмизация принятия управленческого решения с использованием результатов классификации заявок на финансирование и оптимизации распределения в условиях ограниченных ресурсов.

Материалы и методы

Материалы исследования базируются на характеристике организационной системы регионального социального фонда, который представляет собой совокупность ресурсных кластеров, объединенных управляющим центром в организационное целое с целью удовлетворения заявок на финансирование для получения социальной помощи.

Ресурсные кластеры определяются нумерационным множеством $j = \overline{1, J}$, которое формируется на основе машинного обучения по историческим данным и является ранговой последовательностью в соответствии с рейтинговыми оценками приоритетности. Кластеры $j = \overline{1, J_1} \in \overline{1, J}$, лидирующие в ранговой последовательности, обеспечиваются гарантированным финансированием в условиях ограниченности интегрального ресурса фонда.

Удовлетворение заявки на финансирование осуществляется в зависимости от ее принадлежности к j -му ($j = \overline{1, J}$) кластеру.

С этой целью каждая заявка α представляется в виде нормированного вектора признаков:

$$\vec{I} = (i_1, i_2, \dots, i_k), \quad (1)$$

где i_k – численное значение k -го признака (например, категория помощи, оценка остроты потребности и т.д.), а $\|\vec{I}\| = 1$.

Заявки, отнесенные к кластерам $j = \overline{1, J_1}$, получают гарантированное финансирование заявки, отнесенные к кластерам среднего и низкого приоритета ранжируются внутри своих кластеров по дополнительным критериям, таким как соотношение суммы и эффективности.

Для ранжирования заявок внутри кластера используется функция ценности V , которая может иметь вид [4]:

$$V(\vec{I}) = \frac{S(\vec{I})}{C(\vec{I})}, \quad (2)$$

где $S(\vec{I})$ – прогнозируемый социальный эффект (например, количество человек, получивших помощь, или коэффициент повышения качества жизни), а $C(\vec{I})$ – запрашиваемая сумма. Максимизация этого отношения позволяет отбирать проекты с наибольшей отдачей на вложенный рубль.

Методы исследования связаны с задачами классификационной и оптимизационной направленности, объединенных в структурную схему алгоритмических действий принятия управленческого решения по финансированию заявок представленную на Рисунке 1.



Рисунок 1 – Структурная схема алгоритма распределения средств
Figure 1 – Structural diagram of the funds distribution algorithm

На первом этапе каждая заявка на финансирование преобразуется в числовой вектор признаков, который может включать категорию помощи, социальный статус заявителя, оценку остроты потребности, запрашиваемую сумму, социально-экономический индекс района и прогнозируемый долгосрочный эффект. Далее обученная сеть выполняет ключевые операции: она классифицирует новую заявку, относя её к одному из существующих кластеров, или, если заявка не соответствует ни одному шаблону, создает новый кластер, что позволяет оперативно выявлять возникающие проблемы.

Система в режиме реального времени подсчитывает общую сумму запросов в каждом сегменте, сравнивает её с доступным бюджетом и формирует оптимизированный план распределения, максимизирующий совокупный социальный эффект [5]. Данный алгоритм, подкрепленный математическим аппаратом, обеспечивает сквозную автоматизацию процесса, от первичного запроса до итогового решения, минимизируя субъективное вмешательство [6].

Методы оптимизации используются для решения двух задач:

- формирование подмножества кластеров $J = \overline{1, J_1}$ с гарантированным финансированием;
- формирование плана распределения ресурса с учетом лимита бюджетов и приоритетов.

Результаты и обсуждение

Результаты классификационного моделирования позволяют осуществить принятие управленческих решений на основе оптимизационных моделей.

Первой такой задачей является редукция множества кластеров $j = \overline{1, J}$ до подмножества $j = \overline{1, J_1}$ с гарантированным финансированием. Для ее решения используется ранговая последовательность, полученная на основе машинного обучения по историческим данным. В этой последовательности присваивается ранг $r_j(j = 1) = J$, а последнему по приоритетности кластеру $r_j(j = J) = 1$.

Тогда коэффициенты приоритетности вычисляются следующим образом:

$$\alpha_j = \frac{r_j}{\sum_{j=1}^J r_j}, \quad 0 \leq \alpha_j \leq 1, \quad \sum_{j=1}^J \alpha_j = 1. \quad (3)$$

Для каждого ресурсного кластера устанавливается потребность в финансировании $C_j, j = \overline{1, J}$. Лимит гарантированного бюджетного финансирования составляет C^0 . Тогда задача оптимизации заключается в отборе в подмножество $j = \overline{1, J_1}$ наиболее приоритетных кластеров при условии, что потребности не превышают лимит C^0 . Указанные требования приводят к следующей оптимизационной модели [7]:

$$\sum_{j=1}^J \alpha_j x_j \rightarrow \max x_j, \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^J C_j x_j \leq C^0, \quad (5)$$

где

$$x_j = \begin{cases} 1, & \text{если } j\text{-й кластер включается в множество } j = \overline{1, J_1}, \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Решение (4) $x_j^* = 1$ определяет управленческое решение по выделению кластеров с гарантированным финансированием.

Вторая задача связана с формированием распределения ресурсного обеспечения заявок j -го кластера при установленном финансовом лимите $C_j^0, j = \overline{1, J}$ и потребности в финансировании n_j -й заявки ($n_j = \overline{1, N_j}$) C_{nj} . Если $\sum_{n_j=1}^{N_j} C_{nj} > C_j^0$, возникает необходимость распределению ресурсного обеспечения в соответствии с коэффициентами ценности заявки (2).

Возможны альтернативные схемы распределения [7]: пропорционально оценке ценности, обратных приоритетов, параметрическая. Лучший вариант по множеству признаков (1) устанавливается путем экспертного оценивания [8].

Заявки ранжируются по функции ценности заявок с использованием математической модели кластеризации в ART-MAP. В основе алгоритма управления лежит математический формализм, обеспечивающий объективность оценок заявок [2].

1. Формирование вектора заявки.
2. Функция ценности заявки.
3. Математическая модель кластеризации в ART-MAP.

Процесс классификации в сети ART-MAP формализуется через следующие шаги [6]:

1. Выбор нейрона-победителя. Для входного вектора \vec{I} и каждого m -го нейрона в слое распознавания F2 вычисляется функция выбора T_j :

$$T_m = \frac{|\vec{I} \wedge \vec{w}_m|}{\alpha + |\vec{w}_m|}, \quad (6)$$

где \vec{w}_m – весовой вектор m -го нейрона (прототип кластера), \wedge – операция покомпонентного минимума, $|\cdot|$ – L1-норма вектора (сумма компонент), α – малый положительный параметр сглаживания [2].

2. Критерий резонанса (Vigilance Criterion). Нейрон-победитель M проверяется на соответствие входному вектору [9]:

$$\frac{|\vec{I} \wedge \vec{w}_m|}{|\vec{I}|} \geq \rho. \quad (7)$$

Параметр бдительности $\rho (0 < \rho \leq 1)$ определяет жесткость классификации. Высокое ρ приводит к созданию более мелких и однородных кластеров.

3. Процедура обучения. Если резонанс достигнут, весовой вектор нейрона-победителя адаптируется:

$$\vec{w}_m^{(new)} = \beta (\vec{I} \wedge \vec{w}_m^{(old)}) + (1 - \beta) \vec{w}_m^{(old)}, \quad (8)$$

где β – параметр скорости обучения. Если резонанс не достигнут, нейрон-победитель временно тормозится, и поиск повторяется. Если ни один нейрон не прошел проверку, создается новый кластер.

Внедрение данной модели дает ряд значительных преимуществ. Ключевое из них – это повышение объективности и прозрачности, поскольку решения основываются на формализованных признаках, а не на личном мнении, и всегда можно проанализировать критерии классификации. Также система обеспечивает высокую скорость обработки, позволяя обрабатывать тысячи заявок в день и значительно ускоряя процесс оказания помощи. Благодаря свойству адаптивности сеть быстро перестраивается при изменении социальной политики или появлении новых видов помощи. Менеджер фонда получает мощный инструмент поддержки принятия решений в виде структурированной и ранжированной картины с четким обоснованием приоритетов. Что особенно важно, на

основе выявленных кластеров и их динамики можно строить точные прогнозы о будущей нагрузке на фонд и заблаговременно корректировать бюджетные заявки, переходя к проактивному управлению [10].

Заключение

Алгоритмизация процесса распределения финансовых ресурсов регионального социального фонда на основе нейронных сетей ART-MAP обеспечивает повышение эффективности и качества социальной политики [3]. Этот подход позволяет перейти от реактивного, основанного на субъективных оценках управления к проактивному, к управлению на основе оперативных данных, где каждое решение является взвешенным, обоснованным с использованием классификационного и оптимизационного моделирования, направленным на максимизацию положительного воздействия на жизнь граждан в условиях жестких бюджетных ограничений.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Шабунова А.А., Крошили С.В., Ярашева А.В., Медведева Е.И. Социально-экономические индикаторы национальных целей развития России: тенденции и прогноз. *Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз*. 2024;17(5):40–54. <https://doi.org/10.15838/esc.2024.5.95.2>
Shabunova A.A., Kroshilin S.V., Yarasheva A.V., Medvedeva E.I. Socio-Economic Indicators of Russia's National Development Goals: Trends and Forecast. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*. 2024;17(5):40–54. (In Russ.). <https://doi.org/10.15838/esc.2024.5.95.2>
2. Халтурин Р.А., Судоргин Р.О., Акиншин Н.С. Теоретическое обоснование модели поиска оптимальных решений в сложных системах управления ресурсами. *Транспорт и информационные технологии*. 2025;15(1):214–233. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2025-15-1-356>
Khalturin R., Sudorgin R., Akinshin N. Theoretical justification of the model of search for optimal solutions in complex resource management systems. *Transportation and Information Technologies in Russia*. 2025;15(1):214–233. (In Russ.). <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2025-15-1-356>
3. Terentyev A.V., Yevtukov S.S., Karelina E.A. Development of zoning method for solving economic problems of optimal resource allocation to objects of various importance in context of incomplete information. In: *Proceedings of the International Scientific Conference "Far East Con" (ISCFEC 2020), 01–04 October 2019, Vladivostok, Russia*. Atlantis Press; 2020. P. 765–772. <https://doi.org/10.2991/aebmr.k.200312.108>
4. Аверьянов В.В. Адаптивное управление техническими системами с использованием нейросетевых технологий. *Молодой ученый*. 2026;(11):65–67.
5. Петухова А.В., Коваленко А.В. Системы поддержки принятия решений (СППР) на основе интеллектуальных технологий. Архитектура, проектирование и использование СППР в различных областях. *Прикладная математика и вопросы управления*. 2025;(1):47–58.
Petukhova A.V., Kovalenko A.V. Decision Support Systems (DSS) based on intelligent technologies. Architecture, design and usage of DSS in various sectors. *Applied Mathematics and Control Sciences*. 2025;(1):47–58. (In Russ.).

6. Carpenter G.A., Grossberg S. Adaptive Resonance Theory. In: *Encyclopedia of Machine Learning*. New York: Springer; 2010. P. 22–35. https://doi.org/10.1007/978-0-387-30164-8_11
7. Львович Я.Е., Львович И.Я., Чопоров О.Н. и др. *Оптимизация цифрового управления в организационных системах*. Воронеж: Научная книга; 2021. 191 с.
8. Львович И.Я. *Принятие решений на основе оптимизационных моделей и экспертной информации*. Воронеж: Научная книга; 2023. 231 с.
9. Granger E., Prieur D., Connolly J.-F. Evolving ARTMAP Neural Networks Using Multi-Objective Particle Swarm Optimization. In: *IEEE Congress on Evolutionary Computation, 18–23 July 2010, Barcelona, Spain*. IEEE; 2010. P. 1–8. <https://doi.org/10.1109/CEC.2010.5585953>
10. Жилов Р.А. Применение нейронных сетей при кластеризации данных. *Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН*. 2021;(1):15–19. <https://doi.org/10.35330/1991-6639-2021-1-99-15-19>
Zhilov R.A. Application of neural networks for data clustering. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2021;(1):15–19. (In Russ.). <https://doi.org/10.35330/1991-6639-2021-1-99-15-19>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Бурковский Виктор Леонидович, заведующий кафедрой, профессор, Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Российская Федерация.
e-mail: bvl@vorstu.ru

Viktor L. Burkovsky, Head of the Department, Professor, Voronezh State Technical University, Voronezh, the Russian Federation.

Обухова Анастасия Евгеньевна, специалист, Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Российская Федерация.
e-mail: aeobuhova@mail.ru
ORCID: [0000-0002-9912-0584](https://orcid.org/0000-0002-9912-0584)

Anastasia E. Obukhova, Specialist, Voronezh State Technical University, Voronezh, the Russian Federation.

Статья поступила в редакцию 20.02.2026; одобрена после рецензирования 23.03.2026; принята к публикации 27.03.2026.

The article was submitted 20.02.2026; approved after reviewing 23.03.2026; accepted for publication 27.03.2026.