

УДК 004.8; 004.9; 007.5

DOI: [10.26102/2310-6018/2026.57.6.013](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2026.57.6.013)

## Оптимизация функционирования цифровизированной организационной системы на основе проактивного управления параметрами информационной среды

А.А. Готишан✉, Я.Е. Львович

*Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, Российская Федерация*

**Резюме.** В работе рассматривается задача оптимизации функционирования цифровизированной организационной системы в условиях динамически изменяющейся информационной среды. Показано, что традиционные реактивные методы управления не обеспечивают требуемого уровня надежности и эффективности при высокой изменчивости нагрузок. Обоснована необходимость перехода к проактивному управлению, основанному на упреждающем изменении параметров информационной среды. Предложена формализация задачи оптимизации, учитывающая совокупные затраты на функционирование системы и вероятностные требования к надежности. Разработан метод выбора оптимальных параметров управления, базирующийся на введении обобщенного функционала, объединяющего критерий эффективности и штрафные ограничения, а также на итерационной процедуре коррекции параметров с использованием псевдослучайной инициализации, адаптивного шага и механизма обновления штрафных коэффициентов. Особенностью метода является учет прогнозируемых изменений состояния системы, что позволяет реализовать проактивный механизм управления. Продемонстрировано, что предложенный подход обеспечивает снижение затрат, повышение устойчивости функционирования и предотвращение критических состояний системы. Определены ограничения метода (чувствительность к выбору гиперпараметров, зависимость от качества прогнозных моделей) и направления его дальнейшего развития. Практическая значимость работы заключается в возможности применения предложенного подхода в системах управления ресурсами облачных платформ, оркестраторах контейнерных сред и других цифровизированных организационных системах с динамически изменяющейся нагрузкой.

**Ключевые слова:** цифровизированная организационная система, проактивное управление, оптимизация параметров, информационная среда, надежность, затраты, итерационный алгоритм, псевдослучайная инициализация, адаптивный шаг, прогнозирование временных рядов.

**Для цитирования:** Готишан А.А., Львович Я.Е. Оптимизация функционирования цифровизированной организационной системы на основе проактивного управления параметрами информационной среды. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2026;14(6). URL: <https://moitvivr.ru/ru/journal/article?id=2362> DOI: 10.26102/2310-6018/2026.57.6.013

## Optimizing the operation of a digitized organizational system through proactive management of information environment parameters

A.A. Gotishan✉, Ya.E. Lvovich

*Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh, the Russian Federation*

**Abstract.** The paper considers the problem of optimizing the functioning of a digitalized organizational system in a dynamically changing information environment. It is shown that traditional reactive control methods do not provide the required level of reliability and efficiency under high load variability. The necessity of transition to proactive management based on anticipatory changes in the parameters of the

information environment is substantiated. A formalization of the optimization problem is proposed, taking into account the total costs of system operation and probabilistic reliability requirements. A method for selecting optimal control parameters is developed, based on the introduction of a generalized functional that combines the efficiency criterion and penalty constraints, as well as an iterative procedure for parameter correction using pseudo-random initialization, an adaptive step, and a mechanism for updating penalty coefficients. A feature of the method is taking into account predicted changes in the state of the system, which makes it possible to implement a proactive control mechanism. It is shown that the proposed approach provides cost reduction, increased operational stability and prevention of critical system states. The limitations of the method (sensitivity to the choice of hyperparameters, dependence on the quality of predictive models) and directions for its further development are identified. The practical significance of the work lies in the possibility of applying the proposed approach in resource management systems for cloud platforms, container orchestrators and other digitalized organizational systems with dynamically changing loads.

**Keywords:** digitalized organizational system, proactive management, parameter optimization, information environment, reliability, costs, iterative algorithm, pseudo-random initialization, adaptive step, time series forecasting.

**For citation:** Gotishan A.A., Lvovich Ya.E. Optimizing the operation of a digitized organizational system through proactive management of information environment parameters. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2026;14(6). (In Russ.). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/article?id=2362> DOI: 10.26102/2310-6018/2026.57.6.013

## Введение

Цифровая трансформация стала главным трендом развития современных организационных систем, переводя бизнес-процессы и сервисы в цифровую среду. Этот процесс подразумевает не просто внедрение новых технологий, а коренное изменение модели функционирования организации, где информационная среда превращается в критически важный элемент и основу для принятия решений. Большинство современных информационных сред представляют сложные распределенные комплексы, которые функционируют в условиях постоянной изменчивости рабочих нагрузок и высоких требований к доступности. Традиционные подходы к управлению, основанные на реактивном реагировании (когда система отвечает на уже возникший инцидент), демонстрируют свою неэффективность, так как даже кратковременный простой может привести к огромным финансовым и репутационным потерям. Больше всего эта проблема проявляется в облачных платформах, системах обработки транзакций и корпоративных информационных системах. На сегодняшний день, текущие методы мониторинга и оповещения сигнализируют о проблеме лишь после ее возникновения, что оставляет критически мало времени для принятия эффективных мер. В связи с этим, явно необходим переход от стратегии реактивного управления к проактивной, основанной на упреждающем прогнозировании потенциальных проблем и заблаговременной корректной реакции инфраструктуры.

В работе [1] предложена архитектура проактивного управления, реализующая непрерывный цикл «мониторинг – прогноз – решение – адаптация». Также представлена схема этого цикла, включающая модуль мониторинга, модуль анализа временных рядов, аналитический движок и оркестратор. В [1] также приведен сравнительный анализ реактивной и проактивной стратегий, демонстрирующий преимущества последней в минимизации простоев, стабильности времени отклика и эффективности использования ресурсов. Также в работе [2] введены показатели эффективности (минимизация совокупных затрат) и надежности (обеспечение вероятности нахождения функциональных характеристик в допустимых пределах), а также сформулирована задача оптимального выбора параметров проактивного управления. В монографии [3]

предложены подходы к оптимизации управления в двух классах систем, а именно цифровизированных и командно-ориентированных (Agile). Для первых используется многовариантная структуризация компонентов цифровой среды и вероятностные модели распределения ресурсов, для вторых – нейросетевое и оптимизационное моделирование итеративных процессов командной деятельности.

Однако, в работах по проактивному управлению на основе прогнозной аналитики не рассматривается взаимосвязь показателей функционирования цифровизированной организационной системы (ЦОС) с параметрами информационной среды, позволяющими оптимизировать процесс проактивного управления по показателям эффективности. Существующие подходы либо используют фиксированные пороги срабатывания, либо ориентируются исключительно на технические метрики без учета целевых показателей самой организационной системы (затраты, надежность, производительность). Это приводит к тому, что управление ресурсами информационной среды осуществляется без прямой привязки к бизнес-целям, что снижает общую эффективность ЦОС.

Поэтому целью данной статьи является разработка моделей и алгоритмической процедуры оптимизации ЦОС по показателям эффективности за счет выбора уровня параметров информационной среды в режиме проактивного управления. Для достижения поставленной цели требуется решить следующие задачи: провести анализ зависимости показателей эффективности функционирования ЦОС от процесса проактивного управления параметрами информационной среды и осуществить интеграцию оптимизационного и прогностического моделирования в процессе проактивного управления параметрами информационной среды.

### Материалы и методы

Материалы исследования ориентированы на формализацию задачи оптимизации параметров проактивного управления информационной средой ЦОС. Под ЦОС понимается совокупность объектов с однородными видами деятельности, информационной среды и управляющего центра, объединяющего их для выполнения заданных целей.

Функционирование ЦОС во времени  $t$  описывается двумя группами показателей – затратами и функциональными характеристиками (производительность, время отклика, качество обслуживания). Общие затраты  $C(t)$  складываются из затрат на функционирование объектов  $C^0(t)$  и затрат на поддержание информационной среды  $C^u(t)$ :

$$C(t) = C^0(t) + C^u(t). \quad (1)$$

Функциональные характеристики  $y^j(t), j = 1, \dots, J$  должны находиться в заданных допустимых пределах:

$$y_j^{(min)} \leq y_j(t) \leq y_j^{(max)}. \quad (2)$$

Требования к надежности задаются в вероятностной форме, где вероятность того, что  $j$ -я характеристика не выйдет за допустимые границы, должна быть не ниже порогового значения  $\pi_j^0$ :

$$\pi_j = P(y_j^{(min)} \leq y_j \leq y_j^{(max)}) \geq \pi_j^0. \quad (3)$$

Управляющий центр воздействует на информационную среду, выбирая значения ее настраиваемых параметров. Вектор таких параметров обозначим  $u = (u_1, u_2, \dots, u_I)$ . К ним относятся, например, пороговые значения загрузки, иницирующие масштабирование, приоритеты обработки запросов и другие регулируемые характеристики. Каждый параметр изменяется в заданных конструктивных пределах:

$$u_i^{(min)} \leq u_i \leq u_i^{(max)}, \quad i = \overline{1, I}. \quad (4)$$

Зависимости общих затрат и вероятностей соблюдения границ от выбранных параметров заранее неизвестны и не могут быть получены аналитически из-за сложности и нестационарности процессов в ЦОС. Обозначим эти неизвестные функции как:

$$C = \psi(u), \quad \pi_j = f_j(u). \quad (5)$$

Требуется найти такой вектор параметров  $u$ , который минимизирует общие затраты при обязательном обеспечении заданных уровней надежности для всех функциональных характеристик. Это приводит к следующей задаче условной оптимизации:

$$\begin{cases} C = \psi(u) \rightarrow \min_u, \\ \pi_j = f_j(u) \geq \pi_j^0, \quad j = \overline{1, J}, \\ u_i^{(min)} \leq u_i \leq u_i^{(max)}, \quad i = \overline{1, I}. \end{cases} \quad (6)$$

Методы исследований определяются подходом к решению задачи (6), прежде всего, необходимо построить эмпирические оценки зависимостей  $\psi(u)$  и  $f_j(u)$  на основе данных мониторинга. В процессе функционирования ЦОС регулярно регистрируются временные ряды: затраты на объекты  $C^0(t)$  и функциональные характеристики  $y_j(t)$ , затраты на информационную среду  $C^u(t)$  и характеристики состояния информационной среды  $z_l(t)$  (загрузка процессоров, использование памяти, сетевой трафик). Методы сбора таких данных, а также общая архитектура цикла проактивного управления подробно описаны в [1].

В работе [2] введены показатели эффективности и надежности, а также показано, что функции  $\psi(u)$  и  $f_j(u)$  могут быть аппроксимированы на основе регрессионных моделей и нейронных сетей. В данной статье для построения аппроксимаций  $\hat{\psi}$  и  $\hat{f}_j$  используются методы машинного обучения (регрессия, нейронные сети) [4], [5]. Для краткосрочного прогноза характеристик  $z_l(t)$  и последующего прогноза оптимальных параметров  $u^*(t)$  применяются модели временных рядов, такие как LSTM и Prophet [6], [7].

Численное решение задачи (6) осуществляется итерационным методом, основанным на переходе к эквивалентной безусловной задаче с помощью множителей Лагранжа [8]. Общая схема рандомизированного поиска управленческих решений, адаптированная к условиям цифровых организационных систем, представлена в монографии [9]. В частности, используются подходы к инициализации параметров в рандомизированном пространстве, методы градиентной коррекции с конечными разностями и процедуры обновления множителей Лагранжа с проекцией на неотрицательный ортант [10]. На основе этих методов в разделе 3 настоящей статьи предлагается конкретная итерационная процедура (формулы (7)–(14)), позволяющая найти оптимальные значения параметров  $u^*(t)$  и обеспечивающая сходимость к решению задачи (6).

## Результаты

Как результат, была применена, согласно описанному подходу, и разработана итерационная вычислительная процедура, которая позволяет находить оптимальные параметры информационной среды  $u^*$ , обеспечивающие минимизацию затрат при соблюдении требований к надежности.

Целевой функционал, позволяющий объединить критерий эффективности и штрафные ограничения, имеет следующий вид:

$$F(u) = \Psi(u) + \sum_{j=1}^J \lambda_j (\pi_j^0 - f_j(u)), \quad (7)$$

где  $\lambda_j \geq 0$  – штрафные коэффициенты.

Такая форма функционала является базовым приемом снятия ограничений в задачах параметрической оптимизации [11].

Начальное приближение параметров управления формируется с использованием псевдослучайного числа, что гарантирует случайный старт в допустимой области:

$$\hat{u}_i^1 = \xi (u_i^{(max)} - u_i^{(min)}) + u_i^{(min)}, \quad (8)$$

где  $\xi$  – псевдослучайное число, равномерно распределенное на интервале  $[0,1]$ . Такой подход к инициализации характерен для методов рандомизированного поиска [12].

Начальные штрафные коэффициенты вычисляются через нормировку невязок по ограничениям:

$$\lambda_j^1 = \frac{\pi_j^0 - f_j(\hat{u}^1)}{\sum_{j=1}^J (\pi_j^0 - f_j(\hat{u}^1))}, \quad j = \overline{1, J}, \quad (9)$$

где  $\hat{u}^1 = (\hat{u}_1^1, \hat{u}_2^1, \dots, \hat{u}_I^1)$ .

Это гарантирует, что сумма штрафных коэффициентов равна единице, что удобно для интерпретации их как весов ограничений.

Пусть на  $k$ -й итерации определены значения  $u_i^k, i = \overline{1, I}$  и  $\lambda_j^k, j = \overline{1, J}$ . Требуется их коррекция в направлении градиента функции (8) по этим переменным. Для параметров  $u_i$  коррекция осуществляется в рандомизированном пространстве на основе приближенного вычисления частных производных  $\partial F / \partial u_i$  следующим образом:

$$u_i^{k+1} = u_i^k + \alpha_i^{k+1} \frac{F(u_i^k + \beta_i^{k+1}) - F(u_i^k - \beta_i^{k+1})}{2\beta_i^{k+1}}, \quad (10)$$

где  $\alpha_i^{k+1}$  – величина шага в направлении изменения частной производной, которая адаптируется по правилу:

$$\begin{aligned} \alpha_i^{k+1} &= \alpha_i^k \exp \left\{ \frac{1}{k} \text{Sign} [F(u_i^{k-1} + \beta_i^k) - F(u_i^{k-1} - \beta_i^k)] \right\} \times \\ &\times [F(u_i^k + \beta_i^{k+1}) - F(u_i^k - \beta_i^{k+1})], \end{aligned} \quad (11)$$

а  $\beta_i^{k+1}$  – величина вариации при определении изменения частной производной, которая изменяется обратно пропорционально числу итераций с некоторой константой  $\delta$ :

$$\beta_i^{k+1} = \frac{\alpha_i^k \delta}{k}. \quad (12)$$

Поскольку частные производные по множителям Лагранжа равны:

$$\frac{\partial F}{\partial \lambda_j} = \pi_j^0 - f_j(u), \quad (13)$$

то коррекция  $\lambda_j$  осуществляется с учетом значения вектора  $u$ , вычисленного при значениях (11)–(12):

$$\lambda_j^{k+1} = \max\{0, \lambda_j^k - \delta_j^{k+1} (\pi_j^0 - f_j(u^{k+1}))\}, \quad (14)$$

где выбор максимального из двух значений в скобках обеспечивает выполнение условия  $\lambda_j \geq 0$ .

Критерием завершения итерационного процесса (11)–(14) служит достижение заданного числа итераций  $K$  или малых изменений переменных. После этого осуществляется переход к принятию управленческого решения по оптимальным значениям параметров информационной среды.

### Обсуждение

Предложенная в работе итерационная процедура (8)–(14) позволяет связать параметры информационной среды с целевыми показателями эффективности и надежности ЦОС. В отличие от традиционных реактивных подходов, где изменение параметров происходит после возникновения инцидента, разработанный метод ориентирован на упреждающую коррекцию управляющих воздействий. За счет использования псевдослучайной инициализации (8) и адаптивного шага (11) обеспечивается устойчивость поиска даже при отсутствии аналитических выражений для зависимостей  $\Psi(u)$  и  $f_j(u)$ . Это делает метод применимым в реальных системах, где такие зависимости могут быть восстановлены только по данным мониторинга с помощью методов машинного обучения и прогнозирования временных рядов.

Сравнение с существующими исследованиями в области проактивного управления показывает, что большинство работ сосредоточены либо на прогнозировании нагрузки, либо на автоматическом масштабировании ресурсов без явной оптимизации по вектору параметров. В отличие от них, в данной статье акцент сделан на совместной минимизации затрат и обеспечении заданных вероятностных ограничений по надежности. Введение штрафных коэффициентов  $\lambda_j$  и их коррекция по формуле (14) позволяет динамически изменять приоритет ограничений в процессе поиска, что является важным преимуществом при работе с разнородными показателями функционирования.

Ограничениями предложенного метода являются, во-первых, необходимость задания начальных значений  $\alpha_i^{(1)}$  и  $\beta_i^{(1)}$ , а также констант  $\delta$  и  $\delta_j^{(1)}$ . Неудачный выбор этих параметров может привести к медленной сходимости или к попаданию в локальный экстремум. Во-вторых, метод требует, чтобы функции  $f_j(u)$  были определены для всех допустимых  $u$ , что не всегда выполняется в системах с жесткими логическими ограничениями. В-третьих, эффективность метода критически зависит от качества прогнозных моделей, используемых для получения  $f_j(u)$  на будущие периоды.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на автоматический подбор гиперпараметров  $\alpha_i^{(1)}$ ,  $\beta_i^{(1)}$ ,  $\delta$  и  $\delta_j^{(1)}$ , например, с использованием метаэвристик или байесовской оптимизации. Также перспективным является расширение метода на случай нестационарных ограничений, когда  $\pi_j^0$  зависят от времени, и интеграция с онлайн-обучением для адаптации модели системы в реальном времени.

Практическая значимость полученных результатов состоит в том, что предложенная процедура может быть использована в системах управления ресурсами облачных платформ, в адаптивных оркестраторах контейнеров, а также в любых ЦОС, где параметры информационной среды поддаются количественной настройке.

Реализация метода не требует дорогостоящих вычислительных ресурсов и может быть выполнена в виде отдельного модуля, взаимодействующего с существующими системами мониторинга и оркестрации.

Таким образом, разработанный метод восполняет пробел между прогнозными моделями и задачами параметрической оптимизации, обеспечивая целостный подход к проактивному управлению в ЦОС.

### Заключение

В статье рассмотрена задача оптимизации функционирования ЦОС на основе проактивного управления параметрами информационной среды. Показано, что традиционные реактивные подходы не обеспечивают требуемого уровня надежности и эффективности в условиях динамически изменяющейся нагрузки. Обоснована необходимость перехода к проактивному управлению, основанному на упреждающей коррекции параметров с учетом прогнозируемых изменений состояния системы.

В рамках исследования выполнена формализация задачи оптимизации, учитывающая совокупные затраты на функционирование системы и вероятностные требования к надежности. Разработан метод выбора оптимальных параметров управления, базирующийся на введении обобщенного функционала (7) и итерационной процедуре (8)–(14). Особенностью метода является использование псевдослучайной инициализации, адаптивного шага и механизма коррекции штрафных коэффициентов, что обеспечивает устойчивую сходимость даже при отсутствии аналитических зависимостей  $\Psi(u)$  и  $f_j(u)$ .

Предложенный подход интегрирует оптимизационное и прогностическое преобразование в единый процесс, позволяя осуществлять выбор параметров информационной среды на основе прогнозируемых данных. Это дает возможность предотвращать критические состояния системы, минимизировать затраты и соблюдать заданные ограничения по надежности.

Практическая значимость работы заключается в возможности применения разработанного метода в системах управления ресурсами облачных платформ, оркестраторах контейнерных сред и иных ЦОС с динамически изменяющейся нагрузкой. Метод может быть реализован в виде отдельного модуля, взаимодействующего с существующими системами мониторинга и оркестрации.

Направления дальнейших исследований включают автоматический подбор гиперпараметров процедуры (начальных шагов, констант  $\delta$  и  $\delta_j$ ), адаптацию метода к нестационарным ограничениям, а также интеграцию с онлайн-обучением для оперативной подстройки модели системы в реальном времени.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Ершов А.Н. Актуальные проблемы развития предиктивной аналитики в промышленности. *Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова*. 2025;23(3):187–194. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2025-23-3-187-194>  
Ershov A.N. Current Issues in the Development of Predictive Analytics in Industry. *Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University*. 2025;23(3):187–194. (In Russ.). <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2025-23-3-187-194>
2. Ахмедьянова Г.Ф. Оптимальное управление организационно-технической системой с учётом интенсивности приложения управляющих воздействий. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2024;12(1). <https://doi.org/10.26102/2310-6018/2024.44.1.019>

- Akhmedyanova G.F. Optimal control of an organizational and technical system taking into account the intensity of control actions application. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2024;12(1). (In Russ.). <https://doi.org/10.26102/2310-6018/2024.44.1.019>
3. Корчагин С.Г., Рындин А.А., Рындин Н.А. *Управление в организационных системах на основе цифровых технологий*. Воронеж: Научная книга; 2025. 248 с.
  4. Зацаринный А.А., Карандеев А.А., Маслов А.Е. и др. Развитие технологий распознавания на основе дополнительных признаков. *Информационные технологии и вычислительные системы*. 2024;(1):67–74. <https://doi.org/10.14357/20718632240107>  
Zatsarinny A.A., Karandeev A.A., Maslov A.E., et al. Development of technologies based on additional properties. *Journal of Information Technologies and Computing Systems*. 2024;(1):67–74. (In Russ.). <https://doi.org/10.14357/20718632240107>
  5. Сарин К.С. Адаптированный алгоритм градиентного спуска для настройки параметров нечеткого классификатора. *Информационные и математические технологии в науке и управлении*. 2025;(2):18–31. <https://doi.org/10.25729/ESI.2025.38.2.002>  
Sarin K.S. Adapted gradient descent algorithm for tuning parameters of fuzzy classifier. *Information and Mathematical Technologies in Science and Management*. 2025;(2):18–31. (In Russ.). <https://doi.org/10.25729/ESI.2025.38.2.002>
  6. Альчаков В.В., Крамарь В.А. Оценка методов машинного обучения для прогнозирования сезонных временных рядов. *Известия ЮФУ. Технические науки*. 2023;(2):250–263. <https://doi.org/10.18522/2311-3103-2023-2-250-263>  
Alchakov V.V., Kramar V.A. The machine learning technique for forecasting the seasonal time series. *Izvestiya SFedU. Engineering Sciences*. 2023;(2):250–263. (In Russ.). <https://doi.org/10.18522/2311-3103-2023-2-250-263>
  7. Орлова И.В. Использование пакета Prophet в прогнозировании временных рядов. *Фундаментальные исследования*. 2021;(3):94–102. <https://doi.org/10.17513/fr.42987>  
Orlova I.V. Using the Prophet package in time series forecasting. *Fundamental Research*. 2021;(3):94–102. (In Russ.). <https://doi.org/10.17513/fr.42987>
  8. Dostál Z., Vlach O. An accelerated augmented Lagrangian algorithm with adaptive orthogonalization strategy for bound equality constrained quadratic programming and its application to large-scale contact problems of elasticity. *Journal of Computational and Applied Mathematics*. 2021;394(11):113565. <https://doi.org/10.1016/j.cam.2021.113565>
  9. Львович Я.Е., Львович И.Я., Чопоров О.Н. и др. *Оптимизация цифрового управления в организационных системах*. Воронеж: Научная книга; 2021. 191 с.
  10. Черняев Ю.А. Метод проекции градиента для класса экстремальных задач с ограничением в виде подмножества точек гладкой поверхности. *Журнал вычислительной математики и математической физики*. 2021;61(3):391–399. <https://doi.org/10.31857/S004446692102006X>  
Chernyaev Y.A. Gradient projection method for a class of optimization problems with a constraint in the form of a subset of points of a smooth surface. *Computational Mathematics and Mathematical Physics*. 2021;61(3):368–375. <https://doi.org/10.1134/S0965542521020068>
  11. Булгакова Т.Е., Войтишек А.В. Условная оптимизация функционального вычислительного ядерного алгоритма приближения вероятностной плотности по заданной выборке. *Журнал вычислительной математики и математической физики*. 2021;61(9):1431–1446. <https://doi.org/10.31857/S0044466921090076>  
Bulgakova T.E., Voytishek A.V. Conditional optimization of the functional computational kernel algorithm for approximating the probability density on the basis of

- a given sample. *Computational Mathematics and Mathematical Physics*. 2021;61(9):1401–1415. <https://doi.org/10.1134/S0965542521090062>
12. Анафиев А.С., Карюк А.С. Обзор подходов к решению задачи оптимизации гиперпараметров для алгоритмов машинного обучения. *Таврический вестник информатики и математики*. 2022;(2):30–37.  
Anafiev A., Karyuk A. Overview of approaches to solving the hyperparameters optimization problem for the machine learning algorithms. *The Tauride Bulletin of Computer Science and Mathematics*. 2022;(2):30–37. (In Russ.).

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Готишан Александр Александрович, Aleksandr A. Gotishan**, Postgraduate, аспирант, Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, Российская Федерация. Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh, the Russian Federation.  
*e-mail:* [hijanai@mail.ru](mailto:hijanai@mail.ru)

**Львович Яков Евсеевич, Yakov E. Lvovich**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, Российская Федерация. Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh, the Russian Federation.  
*e-mail:* [office@vvt.ru](mailto:office@vvt.ru)  
ORCID: [0000-0002-7051-3763](https://orcid.org/0000-0002-7051-3763)

*Статья поступила в редакцию 17.04.2026; одобрена после рецензирования 10.06.2026; принята к публикации 22.06.2026.*

*The article was submitted 17.04.2026; approved after reviewing 10.06.2026; accepted for publication 22.06.2026.*