

УДК 004.8:004.94:004.042

DOI 10.52575/2687-0932-2026-53-2-408-415

EDN NRUOSJ

Модификация алгоритмов прогнозирования производительности корпоративных информационных систем с использованием искусственного интеллекта

Головин И.И., Миронов А.Л.

Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина,
Россия, 308503, Белгородская обл., Белгородский р-н, п. Майский, ул. Вавилова, д. 1
ilya_golovin_01@inbox.ru, mironov_al@belgau.ru

Аннотация. Целью исследования является усовершенствование алгоритма прогнозирования производительности корпоративных информационных систем для обеспечения возможности учета нелинейного характера нагрузки и своевременного выявления скрытых закономерностей функционирования инфраструктуры. Методология работы базируется на системном анализе и иерархическом представлении процессов мониторинга. В статье предложена комплексная архитектура прогнозирования производительности, интегрирующая методы интеллектуальной обработки данных и аппарата теории принятия решений. Научное и практическое значение результатов статьи заключается в создании теоретического фундамента для перехода к автономным адаптивным системам управления, способным функционировать в условиях динамически изменяющейся нагрузки.

Ключевые слова: производительность, информационная система, нагрузка, прогнозирование, искусственный интеллект

Для цитирования: Головин И.И., Миронов А.Л. 2026. Модификация алгоритмов прогнозирования производительности корпоративных информационных систем с использованием искусственного интеллекта. *Экономика. Информатика*, 53(2): 408–415. DOI 10.52575/2687-0932-2026-53-2-408-415. EDN NRUOSJ

Modification of Algorithms for Forecasting the Performance of Corporate Information Systems Using Artificial Intelligence

Ilya I. Golovin, Alexander L. Mironov

Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin,
1 Vavilov St., village of Maisky, Belgorod district, 308503, Belgorod region, Russia
ilya_golovin_01@inbox.ru, mironov_al@belgau.ru

Abstract. The aim of the study is to improve the algorithm for forecasting the performance of corporate information systems in order to take into account the non-linear nature of workload dynamics and ensure a timely identification of hidden patterns in digital infrastructure. The relevance of the study is determined by the growing complexity of corporate information systems, increasing data volumes and the need to prevent critical states before they affect business processes. The methodology is based on system analysis, a hierarchical representation of monitoring processes, intelligent data processing methods and decision-making theory. The article proposes a comprehensive forecasting architecture that combines telemetry collection, feature space formation, adaptive machine learning, anomaly detection and proactive resource management. The scientific and practical significance of the findings lies in creating a theoretical basis for autonomous adaptive control systems capable of maintaining stable operation under changing load conditions.

Keywords: performance, information system, load, forecasting, artificial intelligence

For citation: Golovin I.I., Mironov A.L. 2026. Modification of Algorithms for Forecasting the Performance of Corporate Information Systems Using Artificial Intelligence. *Economics. Information technologies*, 53(2): 408–415 (in Russian). DOI 10.52575/2687-0932-2026-53-2-408-415. EDN NRUOSJ

Введение

Информационные системы (ИС) имеют важное значение для любой организации, которая полагается на данные, коммуникации и технологии для достижения своих целей [Шинкарев, 2025]. ИС открывают для предприятий новые возможности, позволяющие перепроектировать бизнес-процессы и улучшать методы работы, кроме того, они способствуют эффективным организационным изменениям. Также необходимо отметить, что высокое качество работы, эффективность и результативность представляют собой серьезные вызовы, с которыми сталкивается большинство современных организаций. В свете этих задач ИС становятся важным стратегическим компонентом, который помогает создавать конкурентные преимущества и поддерживает выживание организации [Hüseyin, 2023; Сафонова, 2024].

Поскольку ИС, отвечая на современные требования пользователей, становятся все более сложными из-за все большего внедрения и усовершенствования планируемого использования, вопросы эффективности таких программных проектов приобретают решающее значение [Соколов, 2024]. В данном контексте особую актуальность приобретают задачи своевременного прогнозирования изменений производительности ИС и предотвращения развития критических состояний, связанных с перегрузкой вычислительных ресурсов, нарушением временных характеристик обработки информации и снижением надежности [Changchang и др, 2022]. Используемые в настоящее время традиционные методы контроля и прогнозирования производительности ИС основаны преимущественно на фиксированных пороговых значениях контролируемых параметров и ориентированы на реакцию после превышения допустимых границ.

Это предопределяет необходимость разработки и модификации алгоритмов прогнозирования производительности, которые способны учитывать сложный характер изменения нагрузки, выявлять скрытые закономерности функционирования и обеспечивать своевременное предупреждение возникновения критических состояний [Yiyang и др., 2022]. Использование интеллектуальных методов обработки данных является перспективным направлением решения данной задачи и позволяет существенно повысить точность и надежность прогнозирования производительности корпоративных информационных систем.

Таким образом, тема статьи является актуальной, теоретически и практически значимой.

Объект и методы исследования

Объектом исследования выступают корпоративные ИС, функционирующие в условиях динамически изменяющейся нагрузки и требующие высокой точности прогнозирования производительности для обеспечения непрерывности бизнес-процессов. Предмет исследования – алгоритмы и архитектурные решения, базирующиеся на методах искусственного интеллекта, которые направлены на своевременное выявление деградации вычислительных ресурсов и предотвращение критических состояний.

Методологический базис исследования строится на системном анализе и теории интеллектуальной обработки данных. Также использован комплексный подход к мониторингу и анализу состояний гетерогенной ИТ-инфраструктуры, включающей прикладные сервисы, системы управления базами данных и аппаратные мощности. Обоснование предлагаемых решений строится на аппарате теории принятия решений и методах статистической оценки точности прогностических моделей, что обеспечивает научную достоверность разрабатываемых подходов в рамках проектирования автономных адаптивных систем управления.

Результаты и их обсуждение

Анализ текущего состояния эксплуатации корпоративных информационных систем показал, что применение традиционных методов контроля, основанных на фиксированных пороговых значениях, характеризуется недостаточной эффективностью, подтверждаемой

точностью прогнозирования в диапазоне 60–70 % [Yilun и др., 2026, Sathish и др., 2025]. В таблице приведены статистические показатели, характеризующие основные проблемы обеспечения производительности корпоративных ИС при использовании традиционных методов прогнозирования.

Показатели проблем производительности корпоративных информационных систем
при использовании традиционных методов прогнозирования
Indicators of corporate information system performance issues when using traditional forecasting methods

Показатель	Значение	Описание технической проблемы
Доля отказов корпоративных ИС, связанных с перегрузкой вычислительных ресурсов	68 %	Перегрузка процессора, оперативной памяти и подсистемы ввода-вывода приводит к снижению производительности
Доля отказов, не прогнозируемых традиционными методами контроля	72 %	Методы, основанные на фиксированных пороговых значениях, не позволяют своевременно выявлять деградацию
Среднее время обнаружения снижения производительности	45–60 минут	Выявление нарушений происходит после ухудшения функционирования системы
Снижение производительности при пиковых нагрузках	30–80 %	Отсутствие механизмов предварительной адаптации к изменению нагрузки
Доля отказов, вызванных неравномерностью нагрузки	64 %	Невозможность учета динамического характера изменения параметров
Доля внешних воздействий, сопровождающихся снижением производительности	58 %	Нарушение нормального режима функционирования системы
Увеличение времени обработки запросов при перегрузке	в 5–12 раз	Существенное ухудшение временных характеристик
Доля воздействий, не выявляемых традиционными методами	54 %	Отсутствие механизмов прогнозирования новых типов воздействий
Доля простоев, вызванных непредсказуемым изменением нагрузки	70 %	Отсутствие возможности предварительной подготовки системы
Среднее время восстановления работоспособности	2–6 часов	Отсутствие раннего выявления критических состояний
Увеличение времени отклика при росте нагрузки	до 400 %	Снижение эффективности обработки информации
Доля ложных срабатываний средств контроля	35 %	Низкая точность используемых методов
Доля скрытых нарушений производительности	47 %	Постепенное ухудшение функционирования не выявляется своевременно
Доля отказов, вызванных неэффективным распределением ресурсов	63 %	Отсутствие механизмов прогнозирования потребления ресурсов
Точность традиционных методов прогнозирования	60–70 %	Недостаточная эффективность прогнозирования

Примечание: составлено автором на основе [Noora и др., 2023; Martin и др., 2022; Хворост, Кондратьев, 2024; Пономарчук, Мамедова, 2025; Герасимов, 2024].

Для решения проблем ограниченности традиционных методов прогнозирования автором разработана оригинальная архитектура многоуровневой интеллектуальной системы, объединяющая методы машинного обучения с механизмами упреждающего управления ресурсами (см. рисунок).

Итак, предлагаемая авторская схема представляет собой иерархический стек из семи функциональных уровней, модификация которых заключается в интеграции замкнутых контуров обратной связи и блоков когнитивного анализа. Это структурное решение

обеспечивает сквозную трансформацию данных телеметрии в обоснованные управленческие воздействия, позволяя динамически адаптировать параметры прогнозирования к текущему состоянию корпоративной ИС.

Рассмотрим выделенные блоки архитектуры более подробно.

Уровень 1. Корпоративная информационная система.

Данный уровень представляет собой первичный объект управления, функционирующий как сложная стохастическая среда. Взаимодействие пользователей с прикладными компонентами и базами данных порождает вектор состояния инфраструктуры. С точки зрения математического описания, состояние системы в момент времени t можно представить как совокупность параметров $S_t = \{u_t, a_t, d_t, i_t\}$, где компоненты описывают интенсивность запросов, время обработки бизнес-транзакций и уровень утилизации аппаратных мощностей [Андреевский, Соколов, 2024].

Уровень 2. Подсистема сбора и регистрации параметров.

Функциональное назначение данного блока заключается в дискретизации непрерывных процессов функционирования корпоративной ИС. Модификация алгоритма на этом этапе предполагает формирование временного ряда $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, где каждый отсчет x_i является агрегированным значением телеметрии. Математически процесс регистрации описывается функцией квантования и фильтрации первичных сигналов для минимизации потерь значимой информации при передаче в хранилище [Кулдашова, 2024; Mete и др., 2022].

Уровень 3. Подсистема формирования признакового пространства.

На данном этапе осуществляется переход от сырых данных к вектору информативных признаков. Основная задача блока – устранение мультиколлинеарности и снижение размерности данных [Sune и др., 2023]. Процесс формирования признакового вектора V_t описывается преобразованием $V_t = \Phi(X_t)$, где Φ – оператор, включающий нормализацию и проекцию данных на главные компоненты или латентное пространство. Это позволяет выделить скрытые зависимости, определяющие производительность системы.

Уровень 4. Подсистема искусственного интеллекта.

Центральный блок, реализующий предиктивную функцию алгоритма. Модификация заключается в использовании адаптивной нейросетевой модели, способной к инкрементальному дообучению [Фатыхов, Салтанаева, 2024]. Прогноз производительности $\hat{y}_{t+h}$ на горизонт h вычисляется как результат аппроксимации функции f с весовыми коэффициентами W :

$$\hat{y}_{t+h} = f(V_t, W_t).$$

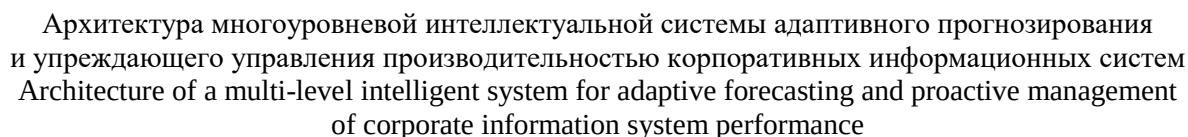
Блок оценки точности вычисляет функцию потерь $L(y, \hat{y})$, которая служит сигналом для коррекции весов $W_{t+1} = W_t - \eta \nabla L$, обеспечивая самоадаптацию модели к дрейфу данных.

Уровень 5. Подсистема анализа производительности.

Блок интерпретации выходных данных ИИ-модели, осуществляющий классификацию состояний системы. Здесь решается задача идентификации аномалий и прогнозирования точек насыщения ресурсов. Математически это выражается через определение вероятности выхода параметров за установленные границы $P(y_{t+h} > T_{max} | V_t)$, где T_{max} – пороговое значение производительности. Результатом является ранжированный список потенциальных «узких мест».

Уровень 6. Подсистема принятия решений.

Данный компонент переводит аналитические прогнозы в плоскость управленческих стратегий. На основе минимизации функционала стоимости ресурсов и максимизации качества обслуживания (QoS) выбирается вектор управляющих воздействий U_t [Богембаев, Кажобаев, 2024; Наумчук, 2025]. Блок сопоставляет прогноз деградации производительности с доступными сценариями масштабирования, формируя оптимальный план перераспределения вычислительных мощностей и настройки параметров конфигурации.



412

Уровень 7. Подсистема реализации управляющих воздействий.

Завершающий блок иерархии, выполняющий роль интерфейса между алгоритмом и физической средой. Он осуществляет декомпозицию высокоуровневых решений U_t в последовательность низкоуровневых команд для систем оркестрации и управления конфигурациями. Реализация воздействия изменяет состояние инфраструктуры на Уровне 1, что замыкает глобальный контур управления и инициирует новый цикл сбора данных для непрерывной модификации прогноза.

Заключение

В условиях современной динамичной и конкурентной деловой среды организации все больше полагаются на технологии для решения сложных задач и обеспечения устойчивого роста. ИС, являющиеся краеугольным камнем современных бизнес-операций, играют ключевую роль в сборе, обработке и распространении данных, предоставляя важную информацию для принятия обоснованных решений. Однако сегодня ИС функционируют в условиях непрерывного роста объема обрабатываемых данных, увеличения количества пользователей и усложнения структуры вычислительной инфраструктуры, что выдвигает новые требования к их производительности.

В статье решена актуальная научно-практическая задача, касающаяся модификации алгоритмов прогнозирования состояний корпоративных ИС на основе интеграции интеллектуальных методов обработки данных. Основной научный вклад заключается в разработке оригинальной архитектуры, которая, в отличие от традиционных подходов, базируется на иерархическом принципе организации и внедрении когнитивных контуров обратной связи для адаптации прогностических моделей. Предложенное решение обеспечивает сквозную трансформацию первичных параметров телеметрии в обоснованные управленческие стратегии, реализуя механизмы инкрементального дообучения нейросетевого ядра и динамической корректировки признакового пространства в режиме реального времени.

Список литературы

- Андреевский И.Л., Соколов Р.В. 2024. Применение методов искусственного интеллекта в информационных системах управления предприятиями. *Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета*, 4 (148): 108–113.
- Богембаев А., Кажыбаев О. 2024. Искусственный интеллект в информационных системах: возможности и вызовы. *Central Asian Scientific Journal*. 5-2 (24): 11–14.
- Герасимов В.А. 2024. Адаптивная система искусственного интеллекта для оптимизации информационных систем. *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики*, 10: 81–86.
- Кулдашова С.О. 2024. Роль искусственного интеллекта при проектировании информационных систем. *Вестник научных конференций*, 9-2 (109): 46–47.
- Наумчук О.А. 2025. Перспективы внедрения искусственного интеллекта в систему формирования учетной информации как элемента корпоративной информационной системы. *Журнал «У». Экономика. Управление. Финансы*, 3 (41): 81–89.
- Пономарчук Ю.В., Мамедова Э.А. 2025. Технологии предиктивной аналитики для раннего обнаружения признаков деструктивных воздействий на информационные системы. *Российская наука и образование сегодня: проблемы и перспективы*, S7: 3–4.
- Сафонова А.В. 2024. Роль машинного обучения и искусственного интеллекта в оптимизации информационных систем. *Научный аспект*, 6: 5604–5608.
- Соколов Р.В. 2024. Нейроэкономика, искусственный интеллект и проектирование информационных систем. *Проблемы современной экономики*, 3 (91): 47–49.
- Фатыхов А.И., Салтанаева Е.А. 2024. Использование искусственного интеллекта для автоматизации процесса тестирования в информационных системах. *Вестник науки*, 5 (74): 1556–1561.
- Хворост А.В., Кондратьев В.Ю. 2024. Искусственный интеллект в информационных системах: возможности и ограничения. *Диалог*, 1 (27): 71–72.
- Шинкарев А.А. 2025. Эволюция использования и применения машинного обучения и искусственного интеллекта в разработке корпоративных информационных систем и в системах поддержки принятия решений. *Вестник Южно-Уральского государственного университета*, 4: 17–42.

- Changchang Zeng, Shaobo Li, Bin Chen. 2022. Machine Reading Comprehension-Enabled Public Service Information System: A Large-Scale Dataset and Neural Network Models. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 1: 67–74.
- Hüseyin Güney. 2023. AWC-NIDS: Attack-wise customized network intrusion detection system using machine learning, concurrency, and distributed systems. *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, 35: 26–33.
- Martin Spring, James Faulconbridge, Atif Sarwar. 2022. How information technology automates and augments processes: Insights from Artificial-Intelligence-based systems in professional service operations. *Journal of Operations Management*, 68: 6–7.
- Mete Muhammed Oguzhan, Tahsin Yomralioglu. 2022. A Hybrid Approach for Mass Valuation of Residential Properties through Geographic Information Systems and Machine Learning Integration. *Geographical Analysis*, 55: 4–12.
- Noora Hirvonen, Ville Jylhä, Yucong Lao, Stefan Larsson. 2023. Artificial intelligence in the information ecosystem: Affordances for everyday information seeking. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 75: 10–19.
- Sathish J., Ramash Kumar K., Saraswathi D. 2025. Exploring Machine Learning and Deep Learning Approaches for Battery Management Systems in EVs: A Comprehensive Review. *Journal of Electrical and Computer Engineering*, 16: 65–71.
- Sune Dueholm Müller, Johan Ivar Sæbø. 2023. The ‘hijacking’ of the Scandinavian Journal of Information Systems: Implications for the information systems community. *Information Systems Journal*, 34: 2–18.
- Yilun Yang, Jing Dong-O’Brien. 2026. Predictive Modeling for Enhanced Truck Parking Information Systems Using Machine Learning. *Journal of Advanced Transportation*, 23: 107–113.
- Yiyang Chen, Wei Jiang, Themistoklis Charalambous. 2022. Machine learning based iterative learning control for non-repetitive time-varying systems. *International Journal of Robust and Nonlinear Control*, 33: 7–12.

References

- Andreevskij I.L., Sokolov R.V. 2024. Primenenie metodov iskusstvennogo intellekta v informacionnyh sistemah upravlenija predpriyatijami [Application of artificial intelligence methods in enterprise management information systems]. *Izvestija Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo jekonomicheskogo universiteta* [News of St. Petersburg State Economic University], 4 (148): 108–113.
- Bogembaev A., Kazhibayev O. 2024. Iskusstvennyj intellekt v informacionnyh sistemah: vozmozhnosti i vyzovy [Artificial intelligence in information systems: opportunities and challenges]. *Central Asian Scientific Journal* [Central Asian Scientific Journal], 5-2 (24): 11–14.
- Gerasimov V.A. 2024. Adaptivnaja sistema iskusstvennogo intellekta dlja optimizacii informacionnyh system [Adaptive artificial intelligence system for optimising information systems]. *Sovremennaja nauka: aktual'nye problemy teorij i praktiki* [Modern Science: Current Problems in Theory and Practice], 10: 81–86.
- Kuldashova S.O. 2024. Rol' iskusstvennogo intellekta pri proektirovanii informacionnyh system [The role of artificial intelligence in the design of information systems]. *Vestnik nauchnyh konferencij* [Bulletin of Scientific Conferences], 9-2 (109): 46–47.
- Naumchuk O.A. 2025. Perspektivy vnedrenija iskusstvennogo intellekta v sistemu formirovanija uchetnoj informacii kak jelementa korporativnoj informacionnoj sistemy [Prospects for the introduction of artificial intelligence into the system of accounting information formation as an element of the corporate information system]. *Zhurnal “U”. Jekonomika. Upravlenie. Finansy* [Journal of Economics. Management. Finance], 3 (41): 81–89.
- Ponomarchuk Ju.V., Mamedova Je.A. 2025. Tehnologii prediktivnoj analitiki dlja rannego obnaruzhenija priznakov destruktivnyh vozdeystvij na informacionnye sistemy [Predictive analytics technologies for early detection of signs of destructive impacts on information systems]. *Rossijskaja nauka i obrazovanie segodnja: problemy i perspektivy* [Russian Science and Education Today: Problems and Prospects], S7: 3–4.
- Safonova A.V. 2024. Rol' mashinnogo obuchenija i iskusstvennogo intellekta v optimizacii informacionnyh system [The role of machine learning and artificial intelligence in optimising information systems]. *Nauchnyj aspekt* [Scientific Aspect], 6: 5604–5608.
- Sokolov R.V. 2024. Neirojekonomika, iskusstvennyj intellekt i proektirovanie informacionnyh system [Neuroeconomics, artificial intelligence and information system design]. *Problemy sovremennoj jekonomiki* [Problems of the Modern Economy], 3 (91): 47–49.
- Fatyhov A.I., Saltanaeva E.A. 2024. Ispol'zovanie iskusstvennogo intellekta dlja avtomatizacii processa testirovanija v informacionnyh sistemah [Using artificial intelligence to automate the testing process in information systems]. *Vestnik nauki* [Bulletin of Science], 5 (74): 1556–1561.

- Hvorost A.V., Kondrat'ev V.Ju. 2024. Iskusstvennyj intellekt v informacionnyh sistemah: vozmozhnosti i ogranichenija [Artificial intelligence in information systems: possibilities and limitations]. *Dialog [Dialogue]*, 1 (27): 71–72.
- Shinkarev A.A. 2025. Jevoljucija ispol'zovanija i primenenija mashinnogo obuchenija i iskusstvennogo intellekta v razrabotke korporativnyh informacionnyh sistem i v sistemah podderzhki prinjatija reshenij [The evolution of the use and application of machine learning and artificial intelligence in the development of corporate information systems and decision support systems]. *Vestnik Juzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of South Ural State University]*, 4: 17–42.
- Changchang Zeng, Shaobo Li, Bin Chen. 2022. Machine Reading Comprehension-Enabled Public Service Information System: A Large-Scale Dataset and Neural Network Models. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 1: 67–74.
- Hüseyin Güney. 2023. AWC-NIDS: Attack-wise customized network intrusion detection system using machine learning, concurrency, and distributed systems. *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, 35: 26–33.
- Martin Spring, James Faulconbridge, Atif Sarwar. 2022. How information technology automates and augments processes: Insights from Artificial-Intelligence-based systems in professional service operations. *Journal of Operations Management*, 68: 6–7.
- Muhammed Oguzhan Mete, Tahsin Yomralioglu. 2022. A Hybrid Approach for Mass Valuation of Residential Properties through Geographic Information Systems and Machine Learning Integration. *Geographical Analysis*, 55: 4–12.
- Noora Hirvonen, Ville Jylhä, Yucong Lao, Stefan Larsson. 2023. Artificial intelligence in the information ecosystem: Affordances for everyday information seeking. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 75: 10–19.
- Sathish J., Ramash Kumar K., Saraswathi D. 2025. Exploring Machine Learning and Deep Learning Approaches for Battery Management Systems in EVs: A Comprehensive Review. *Journal of Electrical and Computer Engineering*, 16: 65–71.
- Sune Dueholm Müller, Johan Ivar Sæbø. 2023. The ‘hijacking’ of the Scandinavian Journal of Information Systems: Implications for the information systems community. *Information Systems Journal*, 34: 2–18.
- Yilun Yang, Jing Dong-O'Brien. 2026. Predictive Modeling for Enhanced Truck Parking Information Systems Using Machine Learning. *Journal of Advanced Transportation*, 23: 107–113.
- Yiyang Chen, Wei Jiang, Themistoklis Charalambous. 2022. Machine learning based iterative learning control for non-repetitive time-varying systems. *International Journal of Robust and Nonlinear Control*, 33: 7–12

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

Поступила в редакцию 10.03.2026

Received March 10, 2026

Поступила после рецензирования 26.05.2026

Revised May 26, 2026

Принята к публикации 29.05.2026

Accepted May 29, 2026

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Головин Илья Игоревич, аспирант, Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, г. Белгород, Россия

Ilya I. Golovin, Postgraduate Student, Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, Belgorod, Russia

Миронов Александр Леонидович, кандидат технических наук, доцент, Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, г. Белгород, Россия

Alexander L. Mironov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, Belgorod, Russia