

## 2. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

DOI 10.38097/AFA.2021.42.39.032

УДК 658, 004.5

### 2.1. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЛОГИСТИЧЕСКИХ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ<sup>1</sup>

Михов О.М., аспирант, кафедра логистики и управления цепями поставок, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный экономический университет», м.н.с., лаборатория Проблем организации транспортных систем, ФГБУН «Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН», Санкт-Петербург;

Барыкин С.Е., д.э.н., доцент, профессор Высшей школы сервиса и торговли, Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», г. Санкт-Петербург

В статье рассмотрены возможности использования машинного обучения для оптимизации бизнес-процессов производственного предприятия. Целью исследования является анализ направлений и возможностей оптимизации бизнес-процессов производственных предприятий посредством внедрения инструментов машинного обучения. В качестве результата исследования выступает алгоритм оптимизации бизнес-процессов производственного предприятия с помощью инструментария машинного обучения. Авторами разработано формализованное математическое описание цикличности логистических бизнес-процессов. Результаты можно распространить на решение проблемы машинного обучения, что позволит прогнозировать процессинговые параметры логистической деятельности.

#### Литература

1. Агафонова Т.В. Цифровизация бизнес-процессов [Текст] / Т.В. Агафонова, С.В. Пирогова // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2020. – №12-1. – С. 23-28.
2. Егорова А.Е. Управление бизнес-процессами: тенденции мирового рынка и стратегии крупных игроков [Текст] / А.Е. Егорова // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2019. – № 1. – С. 713-715.
3. Кораблев А.Ю. Машинное обучение в бизнесе [Текст] А.Ю. Кораблев, Р.Б. Булатов // АНИ: экономика и управление. – 2018. – №2 (23). – С. 68-72.
4. Корнина А.Е. Машинное обучение и нейронные сети в бизнесе [Текст] / А.Е. Корнина // Хроноэкономика. – 2018. – №2 (10). – С. 111-115.
5. Коротеев М. В. Обзор некоторых современных тенденций в технологии машинного обучения [Текст] / М.В. Коротеев // E-Management. – 2018. – №1. – С. 26-35.
6. Лобин М.А. Машинное обучение в экономике [Текст] / М.А. Лобин, И. А. Филиппова // Вестник УлГТУ. – 2019. – №3 (87). – С. 68-71.
7. Лукинский В.В. Интегральная оценка эффективности логистической деятельности с использованием ключевых показателей [Текст] / В.В. Лукинский, Т.Г. Шульженко // Логистика и управление цепями поставок. – 2011. – №6 (47). – С.61-68.
8. Михайлова М.В. Нейроматематика в машинном обучении [Текст] / М.В. Михайлова // Россия: тенденции и перспективы развития. – 2019. – №14-2. – С. 78-81.
9. Моршин А.В. Глубинное машинное обучение [Текст] / А.В. Моршин // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2019. – №3. – С. 25-30.
10. Полетаева Н. Г. Классификация систем машинного обучения [Текст] / Н.Г. Полетаева // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Физико-математические и технические науки. – 2020. – №1. – С. 5-22.
11. Шотыло Д.М. Тенденции развития искусственных нейронных сетей в цифровой экономике [Текст] / Д.М. Шотыло, В.Е. Крайнова, А.В. Скурыдин // ЭКОНОМИНФО. – 2018. – №4. – С. 85-89.
12. Шульженко Т.Г. Эволюция концепции глобальной логистики в контексте современных условий интернационализации мировой экономики [Текст] / Т.Г. Шульженко // Логистические системы в глобальной экономике. – 2016. – № 6. – С. 391-395.
13. Biamonte J. Quantum Machine Learning [Electronic resource] / Biamonte J. [et al.] // Nature. – 2016. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Quantum-machine-learning-Biamonte-Witek/ad8faf6376e0b0a636f2a5210abc70c41d3d8a91>. DOI: 10.1038/nature23474.
14. Garcia-Cardona, C., Fernández-Godino, M.G., O'Malley, D., Bhattacharya, T., 2022. Uncertainty bounds for multivariate machine learning predictions on high-strain brittle fracture. *Comput. Mater. Sci.* 201, 110883. <https://doi.org/10.1016/j.commatsci.2021.110883>
15. Gupta R. A Machine Learning Framework for Predicting Purchase by Online Customers based on Dynamic Pricing [Electronic resource] / R. Gupta, C. Pathak // Procedia Computer Science. – 2014. URL: [https://www.researchgate.net/publication/275541641\\_A\\_Machine\\_Learning\\_Framework\\_for\\_Predicting\\_Purchase\\_by\\_Online\\_Customers\\_based\\_on\\_Dynamic\\_Pricing](https://www.researchgate.net/publication/275541641_A_Machine_Learning_Framework_for_Predicting_Purchase_by_Online_Customers_based_on_Dynamic_Pricing). DOI: 10.1016/j.procs.2014.09.060.
16. Hossain E. Application of Big Data and Machine Learning in Smart Grid, and Associated Security Concerns: A Review [Electronic resource] / E. Hossain [et al] // IEEE Access. – 2019. URL: <https://www.researchgate.net/publication/>

<sup>1</sup> Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках научного проекта №20-014-00029

- 330615201\_Application\_of\_Big\_Data\_and\_Machine\_Learning\_in\_Smart\_Grid\_and\_Associated\_Security\_Concerns\_A\_Review.  
DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2894819.
17. Jiang C. Machine Learning Paradigms for Next-Generation Wireless Networks. [Electronic resource] / C. Jiang [et al] // IEEE Wireless Communications. – 2016. URL: [https://www.researchgate.net/publication/312093800\\_Machine\\_Learning\\_Paradigms\\_for\\_Next-Generation\\_Wireless\\_Networks](https://www.researchgate.net/publication/312093800_Machine_Learning_Paradigms_for_Next-Generation_Wireless_Networks). DOI: 10.1109/MWC.2016.1500356WC.
  18. Kartal H. An Integrated Decision Analytic Framework of Machine Learning with Multi-Criteria Decision Making for Multi-Attribute Inventory Classification [Electronic resource] / H. Kartal [et al] // Computers & Industrial Engineering. – 2016. URL: [https://www.researchgate.net/publication/303953144\\_-An\\_Integrated\\_Decision\\_Analytic\\_Framework\\_of\\_Machine\\_Learning\\_with\\_Multi-Criteria\\_Decision\\_Making\\_for\\_Multi-Attribute\\_Inventory\\_Classification](https://www.researchgate.net/publication/303953144_-An_Integrated_Decision_Analytic_Framework_of_Machine_Learning_with_Multi-Criteria_Decision_Making_for_Multi-Attribute_Inventory_Classification). DOI: 10.1016/j.cie.2016.06.004.
  19. Li D. Machine-Learning Aided Optimal Customer Decisions for an Interactive Smart Grid [Electronic resource] / D. Li, S. Jayaweera // IEEE Systems Journal. – 2014. URL: [https://www.researchgate.net/publication/286801369\\_Machine-Learning\\_Aided\\_Optimal\\_Customer\\_Decisions\\_for\\_an\\_Interactive\\_Smart\\_Grid](https://www.researchgate.net/publication/286801369_Machine-Learning_Aided_Optimal_Customer_Decisions_for_an_Interactive_Smart_Grid). DOI: 10.1109/JYST.2014.2334637.
  20. Savoy J. Machine Learning Models [Electronic resource] / J. Savoy // Machine Learning Methods for Stylometry, Authorship Attribution and Author Profiling. URL: [https://www.researchgate.net/publication/344880609\\_Machine\\_Learning\\_ModelsJ\\_Savoy](https://www.researchgate.net/publication/344880609_Machine_Learning_ModelsJ_Savoy). DOI: 10.1007/978-3-030-53360-1\_6.
  21. Scherbakov V. Logistics of smart supply chains [Electronic resource] / V. Scherbakov, G. Silkina // Conference: Proceedings of the International Conference on Digital Technologies in Logistics and Infrastructure (ICDTLI 2019). – 2019. URL: [https://www.researchgate.net/publication/336309158\\_Logistics\\_of\\_smart\\_supply\\_chains](https://www.researchgate.net/publication/336309158_Logistics_of_smart_supply_chains)
  22. Silkina G.Y Digital innovation in process management [Electronic resource] / G.Y. Silkina, S.Y. Shevchenko, P.A. Sharapaev // Academy of Strategic Management Journal. URL: <https://www.abacademies.org/articles/digital-innovation-in-process-management.pdf>.
  23. Suthaharan, S., 2014. Big data classification. ACM SIGMETRICS Perform. Eval. Rev. 41, 70–73. <https://doi.org/10.1145/2627534.2627557>
  24. Taoufik, N., Boumya, W., Achak, M., Chennouk, H., Dewil, R., Barka, N., 2022. The state of art on the prediction of efficiency and modeling of the processes of pollutants removal based on machine learning. Sci. Total Environ. 807, 150554. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150554>
  25. Zhou L. Machine Learning on Big Data: Opportunities and Challenges [Electronic resource] / L. Zhou, S. Pan, J. Wang, A. Vasilakos // Neurocomputing. – 2017. URL: [https://www.researchgate.net/publication/312398923\\_Machine\\_Learning\\_on\\_Big\\_Data\\_Opportunities\\_and\\_Challenges](https://www.researchgate.net/publication/312398923_Machine_Learning_on_Big_Data_Opportunities_and_Challenges) . DOI: 10.1016/j.neucom.2017.01.026.

## Ключевые слова

Бизнес-процесс; машинное обучение; оптимизация; алгоритм оптимизации; глубокое обучение.

*Михов Олег Михайлович*

*Барыкин Сергей Евгеньевич*

## РЕЦЕНЗИЯ

Статья Михова Олега Михайловича, аспиранта кафедры логистики и управления цепями поставок Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный экономический университет», и Барыкина Сергея Евгеньевича, профессора Высшей школы сервиса и торговли Института промышленного менеджмента экономики и торговли Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, актуальна в области разработки методик машинного обучения в управлении логистическими процессами. Актуальность исследуемой темы обусловлена тем, что на сегодняшний день сформирован традиционный алгоритм оптимизации бизнес-процесса, в том числе посредством автоматизации. Этот алгоритм включает в себя такие этапы как картирование процесса, анализ его эффективности, анализ направлений оптимизации, выбор и реализация конкретных направлений оптимизации и оценка результатов проведенной оптимизации. Очевидно, что совершенствование бизнес-процесса с помощью машинного обучения требует нового алгоритма реализации.

Очевидно, что в будущем, по мере того как Индустрия 4.0 преобразует производственную среду в киберфизическую среду, ИИ будет незаменим для анализа данных и последующего принятия решений. Проектирование изделий, контроль, обработка геометрии, информатика материалов, управление динамическими системами – это лишь некоторые области применения машинного обучения в промышленном производстве.

Среди существующих проблем для машинного обучения с использованием больших данных одним из ключевых вопросов является повышение эффективности итераций. Существующие параллельные фреймворки не предназначены специально для алгоритмов машинного обучения. Обычно инструменты больших данных выполняют вычисления в пакетном режиме и не оптимизированы для задач с итеративной обработкой и высокой зависимостью данных от операций (например, из-за большого объема дискового ввода-вывода). Итеративные подзадачи (т. е. этапы обработки, которые выполняются повторно до тех пор, пока не будет выполнено условие сходимости) доминируют в обеих категориях алгоритмов. Оптимизация распределения ресурсов кластера между несколькими рабочими нагрузками итерационных алгоритмов часто требует оценки их времени выполнения, что, в свою очередь, требует: (а) прогнозирования количества итераций и (б) прогнозирования времени обработки каждой итерации.

Статья Михова Олега Михайловича, аспиранта кафедры логистики и управления цепями поставок Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный экономический университет», и Барыкина Сергея Евгеньевича, профессора Высшей школы сервиса и торговли Института промышленного менеджмента экономики и торговли Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, удовлетворяет требованиям, предъявляемым к научным публикациям, и рекомендуется к опубликованию в журнале «Аудит и финансовый анализ».

*Калинина О.В., д.э.н., доцент, директор «Высшая школа производственного менеджмента Института промышленного менеджмента экономики и торговли» ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», г. Санкт-Петербург.*