



## АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ АЛГОРИТМОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ

**К. Д. Демин, А. Д. Шишкова**

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

*В данной научной статье проведен тщательный анализ применения алгоритмов искусственного интеллекта в контексте систем управления запасами. Исследованы актуальные проблемы, связанные с оптимизацией и автоматизацией управления запасами в современных организациях. Рассмотрены ключевые методы и подходы, включая машинное обучение, нейронные сети, и эволюционные алгоритмы, и анализируют их применимость для оптимизации уровня запасов, прогнозирования спроса и оптимального управления поставками.*

*В результате исследования выявлено, что использование алгоритмов искусственного интеллекта в системах управления запасами приводит к значительным улучшениям в эффективности процессов управления, сокращению издержек и повышению уровня обслуживания клиентов.*

*Ключевые слова: логистика, искусственный интеллект, управление запасами, глубокое обучение, нейронные сети.*

### **Для цитирования:**

*Демин, К. Д. Анализ применения алгоритмов искусственного интеллекта в системах управления запасами / К. Д. Демин, А. Д. Шишкова // Системный анализ и логистика. – 2023. – № 3(37). – с. 214 – 219. DOI: 10.31799/2077-5687-2023-3-214-219.*

## ANALYSIS OF THE APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ALGORITHMS IN INVENTORY MANAGEMENT SYSTEMS

**K. D. Demin, A. D. Shishkova**

St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

*This scientific article provides a thorough analysis of the application of artificial intelligence algorithms in the context of inventory management systems. The actual problems connected with optimization and automation of inventory management in modern organizations are investigated. Key methods and approaches, including machine learning, neural networks, and evolutionary algorithms, are considered and their applicability to optimize inventory levels, demand forecasting, and optimal supply management is analyzed.*

*The study revealed that the use of artificial intelligence algorithms in inventory management systems leads to significant improvements in the efficiency of management processes, cost reduction and increased customer service.*

*Keywords: logistics, artificial intelligence, inventory management, deep learning, neural networks.*

### **For citation:**

*Demin, K. D. Analysis of the application of artificial intelligence algorithms in inventory management systems / K. D. Demin, A. D. Shishkova // System analysis and logistics. – 2023. – № 3(37). – p. 214 – 219. DOI: 10.31799/2077-5687-2023-3-214-219.*

### **Введение**

В современных крупных корпоративных структурах, включая, такие организации, как Amazon и Google [1], искусственный интеллект представляет собой центральный механизм, ориентированный на увеличение операционной эффективности и обеспечение конкурентоспособности. Эффективное функционирование этого ключевого компонента обеспечивается интеграцией разнообразных алгоритмов, способных анализировать структуру данных и предоставлять необходимые результаты.

Искусственный интеллект в контексте этих организаций активно применяется для автоматизации процессов, оптимизации решений, анализа больших объемов данных, а также для создания инновационных продуктов и услуг. Используя методы машинного обучения и глубокого обучения, ИИ способен выявлять скрытые паттерны, оптимизировать бизнес-



процессы и предсказывать будущие тенденции. Это обеспечивает организациям значительное преимущество на рынке и способствует их успешной деятельности.

Искусственный интеллект, в своей основе, осуществляет анализ данных и решение задач, которые часто оказываются более точными и эффективными, чем человеческие аналоги. Такой подход позволяет значительно снизить затраты, увеличить производительность и обеспечить высокое качество продукции или услуг. Это обеспечивает организациям средства для постоянного развития и совершенствования своей деятельности в современной высококонкурентной среде.

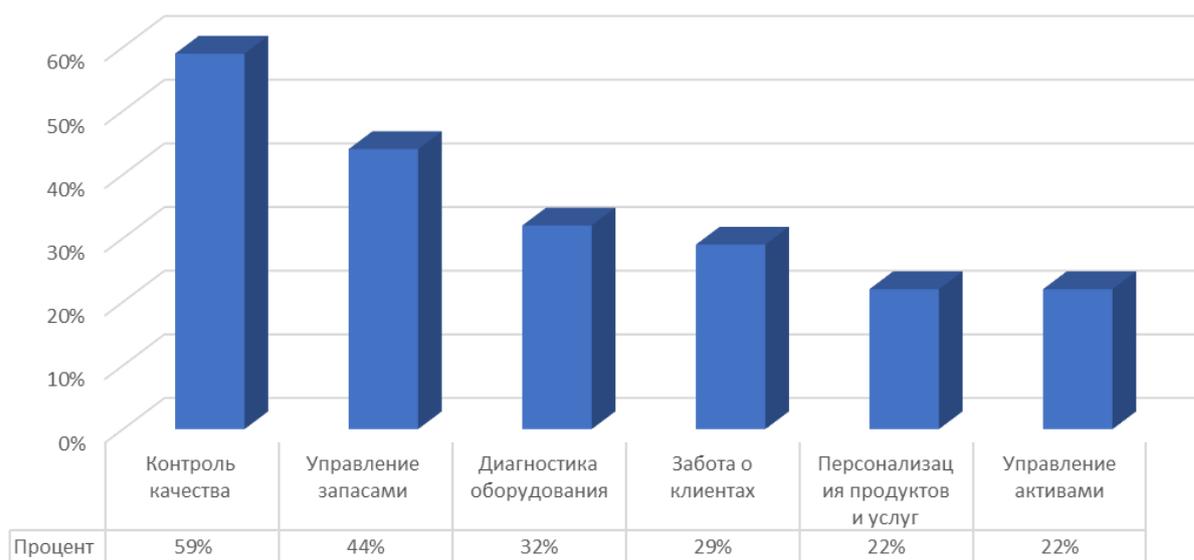


Рис. 1. Промышленные предприятия, использующие искусственный интеллект в различных процессах производства

В наше современное информационное общество, где логистика играет ключевую роль в обеспечении бесперебойного потока товаров и услуг, управление запасами становится одним из определяющих факторов эффективности бизнес-процессов и конкурентоспособности организаций. Управление запасами, как важный аспект логистической деятельности, требует оптимизации и совершенствования, особенно в условиях быстро меняющихся рыночных условий и потребительских предпочтений.

Интеграция Искусственного Интеллекта (ИИ) в управление запасами представляет собой современное решение, которое позволяет организациям не только оптимизировать процессы управления запасами, но и адаптироваться к динамичным требованиям рынка.

### **Внедрение искусственного интеллекта в управление запасами**

Этот направленный к исследованию вопрос о внедрении ИИ в управление запасами имеет высокую актуальность исходя из следующих факторов.

#### ***Сложность и неопределенность современной логистики***

Современная логистика подвержена сложным и быстро меняющимся внешним факторам, таким как изменения в спросе, сбои в поставках, изменения в законодательстве и другим неопределенностям [2]. Управление запасами в таких условиях требует специализированных решений, способных оперативно адаптироваться к переменам.

Существует несколько механизмов и алгоритмов ИИ, которые могут быть применены для решения данной проблемы:



### 1. Прогнозирование спроса:

Один из основных аспектов управления запасами — это точное прогнозирование будущего спроса на продукцию или товары. Здесь можно применять различные методы машинного обучения, такие как временные ряды, регрессионный анализ и нейронные сети.

Пример простейшего временного ряда (ARIMA - авторегрессионная интегрированная скользящая средняя) [3]:

$$Y_t = c + \varphi_1 Y_{t-1} + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t,$$

где  $Y_t$  – значение переменной в момент времени (t);

$c$  – константа.

$\varphi_1$  и  $\theta_1$  – коэффициенты авторегрессии и скользящей средней соответственно.

$\varepsilon_t$  – случайная ошибка в момент времени (t).

### 2. Оптимизация заказов:

Алгоритмы оптимизации, такие как алгоритмы динамического программирования или генетические алгоритмы, могут быть применены для оптимизации параметров заказов (например, размера заказа, точки перезаказа и т.д.).

Пример формулы для динамического программирования в задаче оптимизации запасов [3]:

$$F(i, s) = \max \{ F(i-1, s), F(i-1, s - w_i) \} + v_i,$$

где  $F(i, s)$  – максимальная стоимость суммарного запаса для (i)-го товара и остатка средств (s).

$w_i$  – стоимость (i)-го товара.

$v_i$  – выигрыш от продажи (i)-го товара.

### 3. Управление рисками:

Методы анализа рисков и принятия решений в условиях неопределенности (например, метод Монте-Карло) позволяют оценивать вероятности различных сценариев и принимать решения с учетом рисков.

#### **Обилие данных и потенциал анализа**

В современном мире, где собираются и сохраняются огромные объемы данных, возникает возможность использовать ИИ для анализа этой информации. ИИ способен извлекать ценные знания из данных, что делает его мощным инструментом для прогнозирования спроса, оптимизации уровня запасов и сокращения издержек.

#### 1. Методы прогнозирования спроса:

Экспоненциальное сглаживание: это метод временных рядов, который позволяет предсказать будущий спрос на основе исторических данных. Формула для простого экспоненциального сглаживания:

$$F_t = \alpha \times D_t + (1 - \alpha) \times F_{t-1},$$

где  $F_t$  – прогноз спроса в момент времени (t).

$D_t$  – фактические данные о спросе в момент времени (t).

$\alpha$  – коэффициент сглаживания.



Методы машинного обучения (например, модели временных рядов LSTM): LSTM (Long Short-Term Memory) - это рекуррентная нейронная сеть, способная учесть зависимости во временных рядах и делать точные прогнозы спроса.

## 2. Оптимизация уровня запасов:

Модель экономической партии заказа (EOQ): Это модель, которая оптимизирует количество товара, которое следует заказать, чтобы минимизировать издержки хранения и заказов[4]. Формула EOQ:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}},$$

где D - годовой спрос;

S- стоимость размещения заказа;

H - стоимость хранения единицы товара.

## 3. Сокращение издержек:

Оптимизация маршрутов (Routing Optimization): используя алгоритмы маршрутизации, такие как алгоритмы генетического программирования или жадные алгоритмы, можно оптимизировать доставку товаров и снизить затраты на транспортировку.

Методы анализа структуры сети (Network Analysis): анализ сети позволяет выявить оптимальное размещение складов и оптимизировать логистические потоки, что ведет к сокращению издержек.

### ***Совершенствование методик и технологий***

С развитием ИИ появляются новые методики и технологии, позволяющие более эффективно управлять запасами. Методики машинного обучения, нейронные сети, оптимизация решений - все эти инструменты становятся доступными для логистических задач.

### ***Конкурентоспособность организаций***

Организации, способные эффективно управлять запасами с использованием ИИ, могут обеспечить более высокую конкурентоспособность на рынке. Это означает, что внедрение ИИ в управление запасами может стать ключевым фактором успеха.

Для эффективного управления запасами важно предсказать будущий спрос на товары. Один из распространенных методов - использование временных рядов и алгоритмов машинного обучения, таких как ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) и SARIMA (Seasonal ARIMA), для моделирования и прогнозирования временных рядов спроса. Формула ARIMA:

$$ARIMA(p, d, q),$$

где p – порядок авторегрессии,

d – степень дифференцирования,

q – порядок скользящего среднего.

Рекуррентные нейронные сети (RNN) могут использоваться для управления запасами, учитывая последовательность заказов и поставок. Одной из популярных архитектур RNN является Long Short-Term Memory (LSTM) [4]. Формула LSTM:



$$i_t = \sigma(W^i x_t + U^i h_{(t-1)} + b^i) [f_t = \sigma(W^f x_t + U^f h_{(t-1)} + b^f) [o_t = \sigma(W^o x_t + U^o h_{(t-1)} + b^o) [g_t = \tanh(W^g x_t + U^g h_{(t-1)} + b^g) [c_t = f_t c_{(t-1)} + i_t g_t] [h_t = o_t \tanh(c_t)]$$

где:  $i_t$ ,  $f_t$ ,  $o_t$  – вентили входа, забывания и вывода соответственно,

$g_t$  – вентиль памяти,

$c_t$  – состояние памяти,

$h_t$  – выход.

### Заключение

В заключение можно отметить, что анализ применения алгоритмов искусственного интеллекта в системах управления запасами предоставляет новые возможности для оптимизации процессов и повышения эффективности управления запасами.

Алгоритмы искусственного интеллекта могут обрабатывать большие объемы данных, анализировать и предсказывать спрос на товары, оптимизировать запасы и рассчитывать оптимальные планы доставки. Они позволяют реагировать на изменения рынка в режиме реального времени и улучшать качество обслуживания клиентов.

Однако, несмотря на все преимущества, внедрение алгоритмов искусственного интеллекта требует качественной подготовки данных, определения целевых функций и непрерывного мониторинга и обновления моделей.

В целом, применение алгоритмов искусственного интеллекта в системах управления запасами может значительно улучшить эффективность и точность прогнозирования, а также снизить затраты и риски, связанные с управлением запасами.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kepuska V. Next-generation of virtual personal assistants (microsoft cortana, apple siri, amazon alexa and google home) / Veton Kepuska, Gamal Bohouta // CCWC. – 2018. – №8. – С. 99-103.
2. Choi T.-M. Risk management and coordination in service supply chains: Information logistics and outsourcing / T.-M. Choi, S. W. Wallace and Y. Wang // J. Oper. Res. Soc. – 2016. – №2. – С. 159-164.
3. Box George E. P. Forecasting and control / George E. P. Box, Gwilym M. Jenkins, Gregory C. Reinsel and Greta M. Ljung // Time series analysis. – 2015. – №5. – С. 712.
4. Arshinder K. et al Optimal inventory Control Model with Variable demand and Quadratic Production Cost / Arshinder Kaur // International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT). – 2018. – №7. – С. 130-134.
5. Abolghasemi M. Machine Learning Applications in Time Series Hierarchical Forecasting / M. Abolghasemi, R. J. Hyndman, G. Tarr & C. Bergmeir // Journal arXiv (Computer Science, Mathematics). – 2019. – С. 1-12.
6. Tsukasa D. Inventory management of new products in retailers using model-based deep reinforcement learning / Demizu Tsukasa, Fukazawa Yusuke, Morita Hiroshi // Expert Systems with Applications. – 2023. – №229. – С. 134-147.
7. Mediavillaa M. A. Review and analysis of artificial intelligence methods for demand forecasting in supply chain management / Mario Angos Mediavillaa, Fabian Dietricha, Daniel Palma // Procedia CIRP. – 2022. – №107. – С. 1126–1131.
8. Almuet M. Z. Intelligent agent framework for knowledge acquisition in supply chain management / M. Z. Almuet & F. Zawaideh // International Journal of Scientific & Technology Research. – 2019. – №8 (9). – С. 1984–1994.



9. Edwin Li J. Analysis of postponement strategy for perishable items by EOQ-based models / J. Li Edwin, T. C. Cheng, S.-Y. Wang // International Journal of Production Economics. – 2007. – №107 (1). – С. 31–38.
10. Taleizadeh A. A. A hybrid method of fuzzy simulation and genetic algorithm to optimise constrained inventory control systems with stochastic replenishments and fuzzy demand / A. A. Taleizadeh, A. S. T. Niaki, M. B. Aryanezhad, N. Shafii // Information Sciences. – 2013. – №220. – С. 425–441.

### **ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ**

**Демин Константин Дмитриевич –**

Студент магистратуры

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения  
190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А

E-mail: kostyadyomin@gmail.com

**Шишкова Александра Дмитриевна –**

Студент магистратуры

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения  
190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А

E-mail: alexandrashishkova27@gmail.com

### **INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

**Demin Konstantin Dmitrievich –**

Graduate student

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation  
67, Bolshaya Morskaya str., Saint-Petersburg, 190000, Russia

E-mail: kostyadyomin@gmail.com

**Shishkova Aleksandra Dmitrievna –**

Graduate student

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation  
67, Bolshaya Morskaya str., Saint-Petersburg, 190000, Russia

E-mail: alexandrashishkova27@gmail.com