

# РОЛЬ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В КОНТРОЛЕ КАЧЕСТВА И ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ

*Лизунков В.В., Долженков А.В., Королёв Д.С., Восканян О.С., д-р техн. наук*

*ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет)»,  
Российская Федерация, г. Москва*

**Аннотация.** Пищевая промышленность, являясь одним из ведущих работодателей на мировом рынке, сталкивается с существенными проблемами в области поддержания равновесия спроса и предложения, а также обеспечения безопасности продукции в связи с высокой степенью ручного труда. В качестве перспективного решения этих проблем рассматривается внедрение промышленной автоматизации на базе алгоритмов искусственного интеллекта и машинного обучения.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, машинное обучение, безопасность пищевых продуктов, контроль качества, компьютерное зрение.

## THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN FOOD QUALITY AND SAFETY CONTROL

*Lizunkov V.V., Dolzhenkov A.V., Korolev D.S., Voskanyan O.S., Dr. Sc. (Tech.)*

*FSBEI HE «Razumovsky Moscow State University of Technology and Management  
(First Cossack University)», Russian Federation, Moscow*

**Annotation.** The food industry, being one of the leading employers in the global market, faces significant challenges in maintaining a balance between supply and demand, as well as ensuring product safety due to the high degree of manual labor. The introduction of industrial automation based on artificial intelligence and machine learning algorithms is considered as a promising solution to these problems.

**Keywords:** artificial intelligence, machine learning, food safety, quality control, computer vision.

### **Введение.**

В условиях нарастания глобальных вызовов, таких как рост численности населения, изменение климата и повышение требований потребителей к качеству продуктов питания, вопросы обеспечения качества и безопасности приобретают первостепенную важность. Традиционные методы контроля, часто опирающиеся на выборочный ручной анализ и субъективную сенсорную оценку, не отвечают современным требованиям объема и сложности производственных цепей. Они могут быть трудоёмкими, отнимающими много времени процессами и не всегда способны выявить скрытые дефекты или загрязнения [1].

В этой связи технологии искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (МО) становятся ключевым фактором трансформации пищевой промышленности. Способность ИИ и МО к анализу больших объемов данных, рас-

познаванию сложных паттернов и самообучению позволяет создавать автоматизированные, точные и прогнозирующие системы контроля [2]. Применение ИИ выходит за рамки простой автоматизации, предлагая комплексные решения для мониторинга всего производственного процесса – от оценки качества сырья на входном контроле до прогнозирования срока годности готовой продукции и оптимизации логистических цепочек для минимизации потерь [3].

Целью обзорной статьи является систематизация современных приложений ИИ и МО, направленных на решение задач контроля качества и безопасности пищевых продуктов. В работе рассматриваются как уже внедренные в коммерческую практику технологии, так и перспективные научные разработки, анализируются их преимущества и ограничения.

Применение искусственного интеллекта и машинного обучения для контроля качества пищевых продуктов:

1. Использование технологий искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (МО) в сфере управления качеством пищевой продукции является одним из наиболее перспективных направлений. Данные технологии позволяют перейти от традиционной модели реактивного контроля к проактивному и предиктивному подходу. Прогнозирование срока годности и мониторинг свежести продуктов. Свежесть скоропортящихся продуктов, таких как фрукты и овощи, во многом зависит от условий хранения и транспортировки. ИИ и МО широко применяются для создания моделей прогнозирования срока годности. Эти модели анализируют физико-химические (кислотность, активность воды) и органолептические параметры продукта, а также данные об окружающей среде [3].

2. Технология цифровых двойников (Digital Twins) является перспективным инструментом в этой области. Она создает виртуальную копию продукта или процесса в режиме реального времени. Цифровой двойник фрукта, интегрированный с датчиками холодовой цепи, непрерывно мониторит температуру, влажность и другие параметры, позволяя прогнозировать повреждение тканей и своевременно принимать меры для предотвращения порчи (см. рис. 1) [4].



Рисунок 1. Схема работы цифрового двойника

Неразрушающие методы контроля качества с использованием искусственного интеллекта существенно расширяет возможности неразрушающего контроля качества продукции, исключая при этом повреждение объектов в процессе проверки.

1. Тепловизионная съемка: Данный бесконтактный метод, основанный на регистрации температурных различий между неповрежденными и дефектными участками, эффективно выявляет дефекты у свежих фруктов и овощей. Алгоритмы машинного обучения (МО) анализируют тепловые изображения для автоматического обнаружения аномалий [5].

2. Системы компьютерного зрения – это наиболее распространенное применение ИИ в области сортировки и контроля внешних параметров продукции. Используя традиционные, гиперспектральные и мультиспектральные камеры, системы на основе МО оценивают цвет, размер, форму, текстуру и наличие поверхностных дефектов (см. рис. 2).

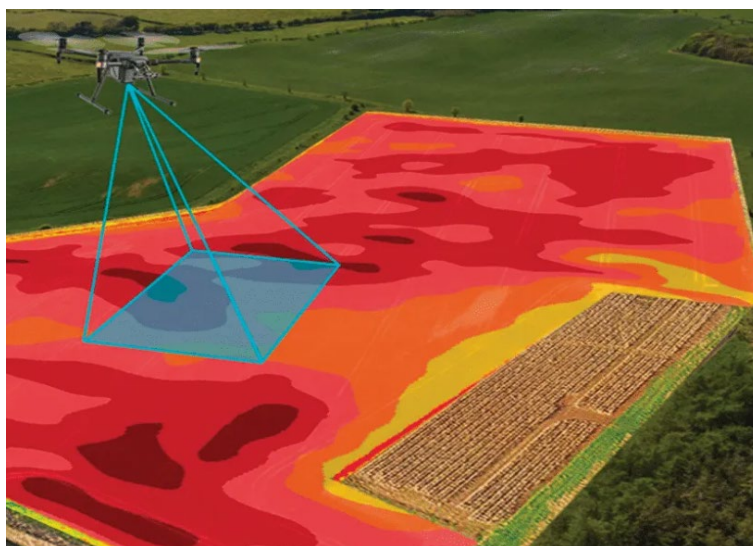


Рисунок 2. Спектральная съёмка в сельском хозяйстве

Искусственный интеллект (ИИ) лежит в основе работы передовых сенсорных систем, которые объективно определяют человеческое восприятие вкуса и запаха.

1. Электронные носы (E-noses): Это электронное устройство, которое идентифицирует запахи определённых компонентов и анализирует их химический состав. В кофейной промышленности e-noses в сочетании с ИИ используются для прогнозирования качества и вкуса обжаренного кофе с высокой точностью, частично автоматизируя процесс дегустации. Они также применяются для выявления незначительных отклонений в аромате между партиями продукции, обеспечивая стабильность качества [6].

2. Электронные языки (E-tongues): это инструмент, который измеряет и сравнивает вкусы. Согласно техническому отчету ИЮПАК, “электронный язычок” как аналитический инструмент включает в себя множество неселективных химических сенсоров с частичной специфичностью к различным компонентам раствора и соответствующий инструмент

распознавания образов, способный распознавать количественные и качественные составы простых и сложных растворов. Они определяют основные вкусы (сладость, кислота, горечь, соленость) и успешно применяются для классификации чая по типу и возрасту путем измерения содержания теафлавинов и теарубигинов, а также для дифференциации соков, вин и мясной продукции [7].

Применение искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (МО) в сфере обеспечения безопасности пищевых продуктов представляет собой перспективное направление, призванное минимизировать риски для здоровья потребителей.

Данные технологии могут быть использованы для автоматизации контроля качества, выявления потенциальных угроз и прогнозирования вспышек заболеваний, связанных с потреблением некачественной пищи [8].

#### Обнаружение инородных включений в продукции

1. Наличие посторонних предметов, таких как металлические, стеклянные, пластиковые фрагменты или насекомые, является одной из главных причин возврата продукции. Для решения этой проблемы используются алгоритмы компьютерного зрения и машинного обучения. Эти алгоритмы, обученные на обширных наборах данных изображений чистой и загрязнённой продукции, способны в режиме реального времени обнаруживать и идентифицировать посторонние включения на движущейся ленте (см. рис. 3) [9].

2. Помимо визуальных методов, также применяются тактильные сенсоры. К примеру, цилиндрический датчик тактильного изображения успешно используется для обнаружения мелких твёрдых инородных тел (например, осколков панциря в креветках или костей в рыбном филе) на основе различия в твёрдости между продуктом и загрязнителем [10].

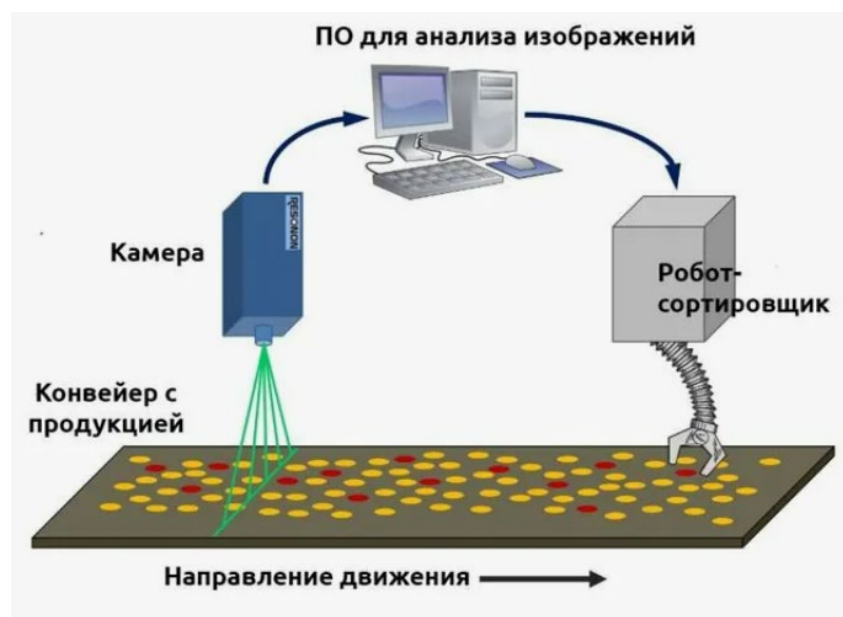


Рисунок 3. Применение машинного зрения на производстве

## **Заключение**

Проведенный анализ свидетельствует о том, что искусственный интеллект и машинное обучение играют ключевую роль в цифровой трансформации пищевой промышленности, коренным образом меняя подходы к контролю качества и безопасности продуктов питания.

В отличие от традиционных выборочных методов, которые часто носят субъективный характер, технологии ИИ предлагают комплексный, автоматизированный и предсказательный подход.

Несмотря на существующие вызовы, такие как необходимость в больших объемах размеченных данных и высокие первоначальные затраты на внедрение, перспективы применения ИИ в пищевой промышленности чрезвычайно широки. Дальнейшее развитие этих технологий, их интеграция с робототехникой позволит создать полностью автоматизированные и «умные» производственные цепочки, что в конечном итоге приведет к повышению глобальной продовольственной безопасности и удовлетворенности потребителей.

## **Литература**

1. Khan R. Modelling Techniques to Improve the Quality of Food Using Artificial Intelligence // *Journal of Food Quality*. 2021. Vol. 2021. № 8. P. 1–10. DOI:10.1155/2021/2140010.
2. Unnevehr L.J. Addressing food safety challenges in rapidly developing food systems // *Agricultural Economics*. 2022. Vol. 53. № 4. P. 1–11. DOI: 10.1111/agec.12724.
3. Ikram A., Mehmood H., Arshad M.T., Rasheed A., Noreen S., Gnedeka K.T. Applications of artificial intelligence (AI) in managing food quality and ensuring global food security // *CYTA - Journal of Food*. 2024. Vol. 22. № 1. P. 1–15. DOI:10.1080/19476337.2024.2393287.
4. Ghandar A., Ahmed A., Zulfiqar S., Hua Z., Hanai M., Theodoropoulos G. A Decision Support System for Urban Agriculture Using Digital Twin: A Case Study With Aquaponics // *IEEE Access*. 2021. Vol. 9. P. 1–18. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3061722.
5. Quality evaluation of food by thermal imaging // *International Journal of Processing and Post Harvest Technology*. 2016. Vol. 8. № 2. P. 126–133. DOI: 10.15740/HAS/IJPPHT/7.1/126-133.
6. Electronic Nose for Quality Control of Colombian Coffee Through the Detection of Defects in “Cup Tests” // *Sensors*. 2010. Vol. 10. P. 36–46. DOI: 10.1063/1.3156580.
7. Podrażka M., Bączyńska E., Kundys-Siedlecka M., Jeleń P.S., Nery E.W. Electronic Tongue - A Tool for All Tastes? // *Biosensors*. 2017. Vol. 8. № 1. P. 3–24. DOI: 10.3390/bios8010003.
8. Galvan D., Aquino A., Effting L., Mantovani A.C.G., Bona E., Conte Junior C.A. E-sensing and nanoscale-sensing devices associated with data processing algorithms applied to food quality control: a systematic review // *Critical Reviews in*

Food Science and Nutrition. 2021. Vol. 61. P. 1–42. DOI: 10.1080/10408398.2021.1903384.

9. Toyofuku N., Haff R.P. Computer vision for foreign body detection and removal in the food industry // Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. 2013. P. 181–205. DOI: 10.1533/9780857095770.2.181.

10. Das J., Mishra H.N. Recent advances in sensors for detecting food pathogens, contaminants, and toxins: a review // European Food Research and Technology. 2022. Vol. 248. № 4. P. 1125–1148. DOI: 10.1007/s00217-021-03951-3.