International Scientific Conference 20 UNITECH 26

INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE
19-21 November 2026
GABROVO

РОЛЯТА НА ИЗКУСТВЕНИЯ ИНТЕЛЕКТ ПРИ МОНИТОРИНГА НА МЕСНИ ПРОДУКТИ И ОПРЕДЕЛЯНЕТО НА ТЯХНОТО КАЧЕСТВО И БЕЗОПАСНОСТ

Пенка Янева[1]

[1]*УХТ - Пловдив, бул. „Марица“ 26, Пловдив, България;*

**Кореспондиращ автор: pepayaneva@gmail.com.*

THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE MONITORING OF MEAT PRODUCTS AND THE DETERMINATION OF THEIR QUALITY AND SAFETY

Penka Yaneva[1]

[1]*UFT - Plovdiv, 26 Maritsa Street, Plovdiv, Bulgaria;*

**Corresponding author: pepayaneva@gmail.com.*

Abstract

Technologies such as machine learning, deep learning, computer vision, hyperspectral imaging, the Internet of Things (IoT), and big data are modernizing meat inspection by enabling real-time assessment of meat characteristics. The article compares traditional laboratory approaches with modern systems based on artificial intelligence and the Internet of Things. It also includes an analysis of the implementation of modern technologies in the industry alongside the potential problems and challenges that limit their widespread adoption. Studies show that intelligent monitoring improves traceability, reduces waste, and strengthens consumer confidence in food safety.

Keywords: Artificial Intelligence; Meat Monitoring; Food Safety; Machine Learning; IoT.

ВЪВЕДЕНИЕ

В съвременната хранителна индустрия съществуват редица предизвикателства, които са свързани със сигурността, качеството и ефективността на производствения процес. Месото, като един от основните източници на белтъчини в човешкото хранене, е много лесно податливо на разваляне. Поради тази причина контролът на качеството му и мониторингът на неговите характеристики са от съществено значение и са определящи за осигуряване на безопасността на крайния продукт.

Настоящата обзорна статия разглежда практиката, особено в по-малките месопреработвателни предприятия, където основните методи за контрол са свързани с периодично вземане на проби и лабораторен анализ, които независимо от точността са времеемки, скъпи, и трудоемки. Освен това, голяма част от методите се базират на субективна оценка, което ограничава възможностите за постоянен мониторинг при интензивно производство [1, 2]. Ограниченията на тези методи поставят реална необходимост от нови, по-бързи и автоматизирани подходи за оценка на качеството и безопасността на храните и в частност на месото.

Print ISSN: 1313-230X, Online ISSN: 3033-1404

Развитието на изкуствения интелект, машинното обучение, компютърното зрение и сензорните технологии и системи доведе до създаването на интелигентни системи за мониторинг на хранителни продукти и в частност на месо. С тяхна помощ се създава възможност за реализиране на автоматизирана, непрекъсната и обективна оценка на качествата на месото. Чрез комбиниране на различни методи, сензори, хиперспектрални камери, компютърно зрение, електронни носове и аналитични алгоритми, технологиите дават възможност за наблюдение на свежестта и безопасността на продуктите в реално време.

ИЗЛОЖЕНИЕ

1. Класификация на технологиите за мониторинг на месо

1.1 Традиционни методи за мониторинг

Контролът на качеството и безопасността на месните продукти винаги е било сред основните приоритети на хранителната индустрия. Преди навлизането на автоматизираните и интелигентни технологии, мониторингът на месни продукти се основаваше изцяло на традиционни физико-химични, микробиологични и сензорни методи. Въпреки, че те осигуряват висока точност и надеждност, те са бавни, трудоемки и често субективни, което ги прави трудно приложими при динамично производство с висока степен на автоматизация [2].

Традиционните методи изискват значително време за обработка и лабораторен персонал, което води до ограничаване възможностите за непрекъснат контрол в реално време. Анализът най-често се извършва върху ограничен брой проби, а резултатите се получават със закъснение, което може да доведе до пропуски в производствения процес, до ненавременно изтеглян на даден продукт от търговската мрежа. Освен това, често оценката на качеството зависи от човешкия фактор и внася елемент на субективност.

Както отбелязват Йорданов и колеги [1], нарастващите изисквания за безопасност и проследимост на храните налагат внедряването на съвременни технически средства за анализ, способни да откриват изменения в качеството на месото още по време на съхранение. Техните изследвания демонстрират възможностите на мултисензорни системи и газови детектори за автоматизирано регистриране на промените в свежестта на свинско месо, при което изкуствени невронни мрежи постигат над 86% точност при класификация на пробите. Това показва потенциала на интелигентните системи да заменят част от традиционните лабораторни процедури с по-бързи, обективни и автоматизирани методи.

1.2 Съвременни подходи с изкуствен интелект

1.2.1 Мултисензорни системи

Обективното определяне на качеството и безопасността на хранителните продукти изисква измерване и едновременна обработка на информация, постъпваща по няколко информационни канала. Един от най-съвременните подходи за постигане на тази цел е анализирането на данни от множество сензори, обединени в съвременни мултисензорни системи.

В своята публикация Новикова и Кучменко [3] анализират развитието на сензорните системи от типа „електронен нос“ и подчертават, че тази техника е насочена не само към подмяната на традиционните, скъпи и трудоемки аналитични методи, но и разкрива перспективи за бързо определяне на компоненти в реално време.

Модерните технологични решения надграждат този принцип, стремейки се да наподобят естествения биологичен модел на човешката сензорна система (включваща зрение, вкус, обоняние и допир), която интегрира информация от различни източници за изграждане на обективна оценка.

В тази посока значителен принос има изследването на Йорданов и колеги [1], където е представена реализирана мултисензорна система на базата на газови сензори от типа „електронен нос“, състояща се от модул за подгряване, сензорен масив от осем газови сензора и специализиран софтуер за управление и окачествяване на храни от различен произход и агрегатно състояние (фиг.1).



***Фиг. 1**. Структура на мултисензорната система*

1.2.2 IoT сензори и интелигентни устройства

С развитието на интернет на нещата (IoT) се появяват нови възможности за дистанционен мониторинг на месо в реално време. Изследванията на Bhuiyan и съавтори [4] се фокусират върху разработването на ново устройство за Интернет на нещата (IoT), което интегрира технология за газови сензори с усъвършенствани модели за машинно обучение и дълбоко обучение за свежест на месото и класификация на видовете.

Те използват персонализиран модел на конволюционна невронна мрежа (CNN), в който включват допълнителни функции за подобряване на производителността му. Той е ядрото на IoT устройството, оптимизирано за обработка както на изображения, така и на сензорни данни за високо точна класификация на месото. За да подобрят точността и надеждността на IoT устройството, изследването им използва цялостен подход за машинно обучение и дълбоко обучение, сравнявайки производителността на няколко модела. Техните експериментални резултати показват, че персонализираният модел CNN постига изключителна производителност, с 99% точност както при класификацията на свежестта на месото, така и на вида.

В проучването си те извършват анализ на класификацията на качеството на говеждо месо със сензори за газ на устройствата на IoT. За тази цел използват система, базирана на IoT, оборудвана с

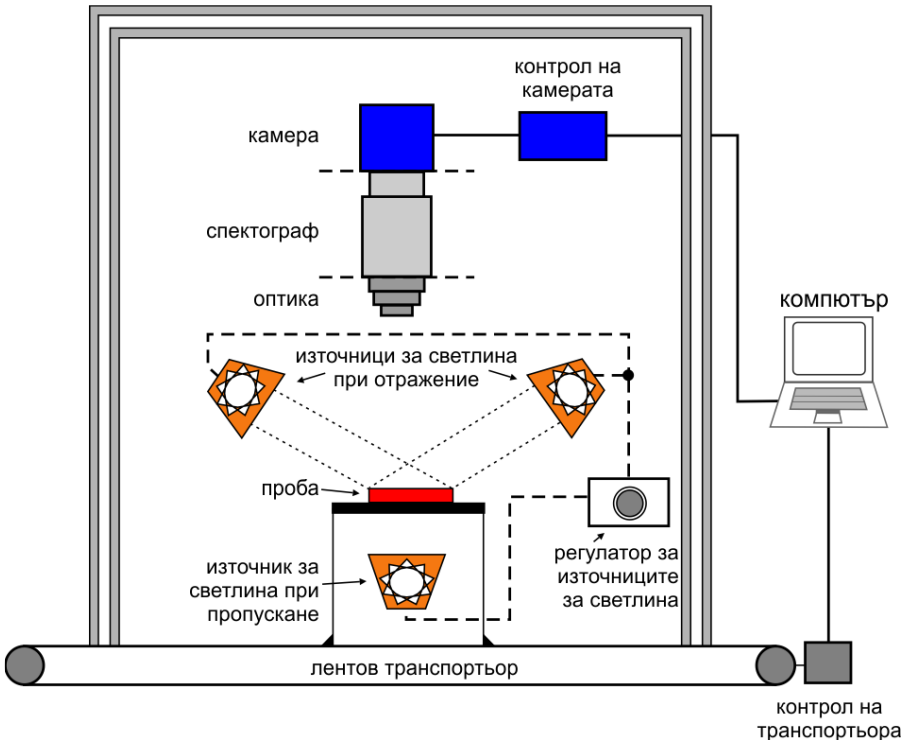
газови сензори – MQ135, MQ4 и MQ136 – за наблюдение и класифициране на качеството на говеждото месо за период от 48 часа. Системата е проектирана с три LED индикатора: зелен за прясно говеждо месо, жълт за говеждо месо, което не е нито прясно, нито развалено, и червен за развалено говеждо месо. Показанията на газовите сензори се записват на 12-часови интервали, с цел наблюдение на прехода от прясно към развалено 36 и 48 говеждо месо, когато се случи. Между часа, показанията на сензорите показват драматично покачване, като с това потвърждават, че говеждото месо се е развалило.

1.2.3 Хиперспектрална и NIR спектроскопия

Хиперспектрално изобразяване, което комбинира изображения и спектроскопска технология, бързо набира популярност като инструмент за откриване в реално време за оценка на качеството и безопасността на храните. Хиперспектрално изобразяване може да се използва за едновременно получаване на големи количества пространствена и спектрална информация за изследваните обекти. Проучването на Huang, H и колеги [6] предоставя цялостен преглед на последното развитие на приложенията за хиперспектрално изобразяване в храните и хранителните продукти. Обсъжда се и потенциалът и бъдещата работа на хиперспектралното изобразяване за контрол на качеството и безопасността на храните.

Машинното зрение и Близко инфрачервената спектроскопия (NIR) са два от по-широко прилаганите методи за оценка на качеството и безопасността на храните. Техниките за машинно зрение, базирани на системи за цветно зрение червено-зелено-синьо (RGB), са успешно приложени за оценка на външните характеристики на храните [6].

Huang, H и колеги [6] разглеждат типичните хиперспектрални системи за изображения се състоят от хардуер и софтуер, като обръщат внимание, че специфичната конфигурация може да варира в зависимост от обекта, който ще бъде оценяван, и използваната техника за получаване на изображение. Повечето хардуерни платформи на хиперспектралните системи за изображения споделят общи основни компоненти (показани на Фигура 2): източник на светлина за осигуряване на осветление, обикновено произведено от халогенно-волфрамови лампи; облъчване на пробите със светлина директно или доставено чрез оптично влакно; детектор, който получава едновременно спектрална и пространствена информация; хиперспектрограф за разпръскване на дължините на вълните на отразената, пропуснатата или разсеяната светлина и подаване на сигнали към фоточувствителната повърхност на детектора; обектив за регулиране на обхвата на получаване на светлина; обективна маса, фиксирана към конвейерна лента, за задържане и транспортиране на пробата и накрая компютър за съставяне и съхранение на триизмерния хиперкуб.



***Фиг. 2**. Основни компоненти на хиперспектрална система за изображения*

1.2.4 Машинно зрение и компютърна томография

Решенията за компютърно зрение се използват широко и успешно в хранително-вкусовата промишленост за справяне с многобройни предизвикателства, произтичащи от оценката на качеството. Тези решения предлагат икономически предимства и предимства по отношение на безопасността пред ръчната инспекция и в много случаи дават по-добри резултати. През последното десетилетие броят на индустриалните системи за компютърно зрение се увеличи значително благодарение на подобренията в изкуствения интелект, особено в методите за машинно обучение. Тези системи се прилагат за задачи като автоматично сортиране на немити яйца и откриване на пукнатини, автоматичен контрол на опаковките на храни и напитки и анализ на качеството на месо, риба, хляб, пица или сирене, както и инспекция на плодове и зеленчуци за качество и размер. Човешката инспекция на качеството е не само скъпа, но може да бъде и непоследователна и субективна; оттук и широко разпространената ѝ замяна от системи за компютърно зрение. Безопасността на храните е критичен аспект от контрола на качеството в хранителните фабрики, което води до разработването на няколко неразрушителни, автоматизирани техники.

Тези методи използват хиперспектрално и мултиспектрално изобразяване, металодетектори, рентгенови лъчи, акустична емисия, ултразвук, термография, флуоресцентна спектроскопия, радарна и терахерцова (THz) спектроскопия или близка инфрачервена (NIR) спектроскопия. Всяка технология обаче представлява определени предизвикателства.

Технологията за компютърно зрение, известна още като технология за машинно зрение, получава информация за целевото изображение чрез сензори за изображения вместо човешки очи и прилага компютърна технология за анализ и обработка, за да преобразува изображението в цифрова информация и след това да идентифицира, проследява и открива целеви обекти.

На Фиг. 3 е показана често срещана система за машинно зрение, която включва главно компютър, индустриална камера, осветителна система и софтуерна система за обработка на изображения.[5]



***Фиг. 3**. Система за компютърно зрение за оценка на качеството на месото*

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Използването на изкуствен интелект за оценка на качеството на месото революционизира изследователската и индустриалната среда. Този обзор подчертава различни приложения на технологиите с изкуствен интелект, като се фокусира върху ролята на машинното обучение, прогнозния анализ и компютърното зрение за подобряване на безопасността на храните. Усъвършенстваните системи за изображения, анализът на данни в реално време и сложните програмни модели имат големи предимства пред традиционната ръчна оценка на качеството и сензорната оценка. Най-голямото предимство на изкуствения интелект е способността му да поддържа обективност. Включването на модели с изкуствен интелект минимизира човешката грешка.

Представените примери показват, че ИИ вече е намерил стабилно приложение в различни етапи на хранителната верига:

• Оценка на свежест и качество – чрез хиперспектрални изображения и дълбоко обучение, постигайки точности над 90%.

• Засичане на бактериални замърсявания – с помощта на компютърно зрение и мултисензорни системи.

• Интегрирани IoT решения – за мониторинг в реално време на температура, влажност и газови емисии.

• Проследимост в цялата верига на доставки – чрез комбиниране на сензори, облачни технологии и Big Data анализ.

Тези постижения ясно демонстрират, че ИИ вече не е само експериментален инструмент, а работеща технология с реални ползи за хранително-вкусовата промишленост.

ЛИТЕРАТУРА

[1] S.Yordanov, S.Ivanov, T.Todorov, G. Mihalev. „Intelligent System for Qualification of Food Products Based on Esp32 and Gas Sensors“. Journal of Information Technologies and Innovation, 2020. [https://journal.iiit.bg/wp-content/uploads/2020/04/53-63-7.-Yordanov_Ivanov_Mihalev_Todorov_AIEL219.pdf]

[2] Radoslav Vasilev, Nedyalko Katrandzhiev, Nikolai Shopov, Angel Kansazov (2015). Computer methods for multisensory qualification of food.

[3] Novikova L.B., Kuchmenko T.A. The analytical capabilities of the systems of artificial sense of smell and taste. Part 1. “Electronic nose”. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2019;81(3):236-241. (In Russ.) https://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-3-236-241

[4] Z. W. Bhuiyan, S. A. Redwanul Haider, A. Haque, M. Hasan and M. R. Uddin, "Meat Freshness Classifier with Machine and AI," *2023 IEEE Region 10 Symposium (TENSYMP)*, Canberra, Australia, 2023, pp. 1-5, doi: 10.1109/TENSYMP55890.2023.10223681.

[5] Shi Y, Wang X, Borhan MS, Young J, Newman D, Berg E, Sun X. A Review on Meat Quality Evaluation Methods Based on Non-Destructive Computer Vision and Artificial Intelligence Technologies. Food Sci Anim Resour. 2021 Jul;41(4):563-588. doi: 10.5851/kosfa.2021.e25. Epub 2021 Jul 1. PMID: 34291208; PMCID: PMC8277176.

[6] Huang, H.; Liu, L.; Ngadi, M.O. Recent Developments in Hyperspectral Imaging for Assessment of Food Quality and Safety. Sensors 2014, 14, 7248-7276. https://doi.org/10.3390/s140407248.