

# Construction and Application Research of an Artificial Intelligence-Based Food Microbiological Detection Result Interpretation System

Bing Yu Shengping Fan

Microspectrum North Testing and Certification (Shandong) Co., Ltd., Qingdao, Shandong, 266000, China

## Abstract

To address the issues of long interpretation cycles, low accuracy, and poor efficiency in traditional manual food microbiological testing, this study constructed and applied an artificial intelligence-assisted interpretation system. Through requirement analysis, clear requirements were defined, and a hierarchical architecture and core modules were designed. Multi-channel data collection and preprocessing were completed, and a convolutional neural network was optimized for image recognition. A combined interpretation model of support vector machine and decision tree was constructed. After case verification and multi-dimensional evaluation by enterprises and testing institutions, the system achieved a microbial identification accuracy rate of over 97% and a result judgment accuracy rate of 98%. The detection cycle was significantly shortened, efficiency was significantly improved, and costs were reduced. This system provides reliable technical support for food safety supervision and has broad prospects. At the same time, it points out the deficiencies in data coverage and algorithm generalization, as well as future improvement directions.

## Keywords

artificial intelligence; food microbiological testing; convolutional neural network; machine learning

# 基于人工智能的食品微生物检测结果判读系统构建与应用研究

于冰 范圣萍

微谱北方检测认证（山东）有限公司，中国·山东 青岛 266000

## 摘要

为解决传统人工食品微生物检测判读周期长、准确率低、效率差的问题，本研究构建并应用人工智能辅助判读系统。通过需求分析明确要求，设计分层架构及核心模块；完成多渠道数据采集预处理，优化卷积神经网络用于图像识别，构建支持向量机与决策树结合的判读模型；经企业与检测机构案例验证及多维度评价，系统微生物识别准确率超97%、结果判断准确率达98%，检测周期大幅缩短，显著提升效率、降低成本。该系统为食品安全监管提供可靠技术支持，前景广阔，同时指出数据覆盖、算法泛化等不足及未来改进方向。

## 关键词

人工智能；食品微生物检测；卷积神经网络；机器学习

## 1 引言

食品安全关乎公众健康与社会稳定，食品微生物检测是关键保障，但传统人工判读方式存在周期长、准确率低、效率差等弊端，难以适配行业发展需求。人工智能技术的飞速发展为解决这一问题提供了新思路，其辅助判读系统可显著提升检测效率、准确性并降低长期成本，具有重要现实意义。国内外相关研究已取得一定成果，但仍存在实验室研究为主、评价标准缺失、数据共享不足等问题。本研究旨在构

建高效准确的人工智能辅助食品微生物检测结果判读系统，将通过数据收集预处理、算法筛选、系统开发及性能评估实现目标，采用文献研究、案例分析与实验研究相结合的方法，按“数据获取-预处理-模型训练-系统开发-评估优化”的技术路线推进。

## 2 人工智能辅助判读系统的需求分析与设计

### 2.1 系统需求分析

系统的功能需求主要包括数据采集、图像识别、结果分析和风险预警四方面，其中数据采集功能需支持从酶标仪、PCR仪等专业检测仪器获取微生物量化检测数值，从

【作者简介】于冰（1990-），女，中国山东泰安人，硕士，工程师，从事食品微生物检验研究。

实验室信息管理系统 (LIMS) 获取食品种类、来源等样本背景信息, 通过专业显微镜相机等设备获取清晰的微生物菌落图像, 还能从科研文献数据库提取有用信息辅助分析判读; 图像识别功能需借助深度学习算法精准识别不同微生物的菌落形态、大小、颜色等关键特征, 如区分营养琼脂上大肠杆菌的灰白色光滑圆形菌落与金黄色葡萄球菌的金黄色光滑凸起菌落, 并准确计数菌落数量以提供量化数据; 结果分析功能要对采集数据和识别结果进行全面深入分析, 结合食品安全标准判断食品微生物污染情况及程度, 分析污染源与传播途径, 同时生成包含检测基本信息、结果、结论及建议的详细检测报告<sup>[1]</sup>; 风险预警功能则需根据微生物危害程度、食品流通范围等因素评估食品安全风险等级, 当检测到高风险致病微生物超标时, 及时向监管部门、生产企业及消费者发出包含风险类型、程度、危害及应对措施的预警信息。系统的性能需求涵盖准确性、稳定性、实时性和可扩展性, 准确性方面, 微生物种类识别准确率需达 95% 以上, 菌落计数误差控制在  $\pm 5\%$  以内, 结果判断准确率达 98% 以上; 稳定性方面, 需能长时间连续稳定运行, 适应不同软硬件环境, 具备良好容错能力, 可处理异常数据和操作失误; 实时性方面, 常规检测需在 1 小时内完成数据采集、图像识别、结果分析及报告生成的全流程; 可扩展性方面, 硬件上支持新检测仪器接入, 软件上便于添加新算法模型和分析功能, 以适应行业发展和检测需求变化。

## 2.2 系统总体设计

本系统采用数据层、算法层、应用层的分层架构设计, 各层通过接口交互协作, 实现人工智能辅助食品微生物检测结果判读功能, 具备良好的可维护性、可扩展性与灵活性, 便于开发部署升级。数据层为系统数据基础, 负责数据存储、管理及与外部数据源交互同步, 包含存储仪器信号、微生物图像等原始数据的原始数据存储库, 以及存储经清洗、标注、特征提取后数据的预处理数据存储库。算法层是系统核心, 实现各类 AI 算法模型并处理数据, 含机器学习、深度学习及专家系统模块, 承担模型训练优化以提升准确性。应用层为用户交互界面, 提供数据采集、图像识别、结果判读、风险预警、报告生成等功能, 同时具备用户管理与权限控制保障安全。系统核心模块包括四部分: 数据采集模块从检测仪器、LIMS 系统等多源采集数据, 兼具数据校验预处理功能; 微生物图像识别模块基于深度学习算法, 实现菌落特征提取、种类识别与数量计数, 采用数据增强技术提升模型泛化能力; 结果判读模块结合检测结果与安全标准综合判读, 分析污染风险并给出处理建议; 数据库管理模块采用关系型数据库结构化存储数据, 负责数据查询、备份等管理操作, 同时管控用户权限保障系统安全。

## 3 关键技术实现

### 3.1 数据采集与预处理

高质量数据是构建人工智能辅助判读系统的基础, 数

据采集分为图像与检测数据两类: 图像数据借助专业显微镜及高分辨率 CCD/CMOS 相机获取, 将微生物样本制备于载玻片后, 根据微生物大小调整显微镜放大倍数 (常见细菌用 1000 倍油镜), 拍摄不同生长阶段微生物以保证数据多样性; 检测数据来源于多种仪器与方法, 恒温培养箱培养样本后通过平板计数等方法记录菌落数量, PCR 仪结合凝胶电泳等技术确定微生物含量, 酶标仪通过 ELISA 实验定量检测微生物或其代谢产物, 所有检测均设重复实验并统计分析去除异常值以保障数据可靠。采集数据含噪声, 需经清洗处理: 图像数据的高斯噪声用高斯滤波平滑去除, 椒盐噪声用中值滤波处理并保留边缘细节; 检测数据通过审核验证剔除超出量程或不符合实际的异常值。图像标注是模型训练关键, 由专业人员按规范标注微生物种类、菌落形态、大小、颜色等信息, 采用多人标注与交叉审核保障准确性, 标注数据作为训练数据助力模型学习微生物特征模式, 实现新图像的准确识别分类。

### 3.2 微生物图像识别算法

卷积神经网络 (CNN) 是微生物图像识别的核心模型, 其通过卷积层、池化层、全连接层及激活函数的组合, 适配空间结构图像数据的特征提取与分类。预处理标注后的微生物菌落图像输入后, 卷积层通过卷积核滑动卷积提取边缘、纹理等特征, 深层卷积层可学习更抽象的微生物类别相关特征; 池化层 (最大值 / 平均值池化) 对特征图下采样, 减少计算量并保留关键特征, 提升模型对图像变换的不变性; 全连接层将特征图展平后与输出层全连接, 经激活函数 (如 ReLU) 非线性变换输出分类结果, 确定微生物类别概率<sup>[2]</sup>。为提升识别准确性与效率, 需对 CNN 算法优化改进: 网络结构调整可增加深度 (卷积层 / 全连接层数量) 和宽度 (卷积核数量) 提升模型表达能力, 但需平衡性能与计算资源, 避免过拟合; 参数优化关键在于动态调整学习率 (如指数衰减调度器) 保障收敛, 调整 L2 正则化参数 (weight\_decay 0.001-0.01) 防止过拟合; 数据增强通过旋转、缩放、裁剪等操作扩充训练数据集, 增强模型泛化能力。结合三类优化方法, 可显著提升算法性能, 适配食品微生物检测判读需求。

### 3.3 结果判读模型构建

在微生物检测结果判读与风险评估中, 支持向量机 (SVM) 和决策树是核心机器学习模型。SVM 基于统计学习理论, 通过核函数将低维检测数据映射到高维空间, 寻找最优分类超平面实现数据间隔最大化分类, 可输入微生物种类、数量及食品属性等特征, 适配二分类问题, 泛化能力强且适合小样本处理。决策树以树形结构递归划分数据集, 依据菌落数量、生长速度等检测指标构建节点, 直观易理解, 能清晰展示决策过程, 可处理多分类问题, 适配多种微生物混合污染的综合判读。模型训练需以涵盖不同食品、微生物污染情况及检测指标的数据集为基础, 按 70%-80%、10%-15%、10%-15% 的比例划分为训练集、验证集和测试集;

训练中需调整模型参数,如 SVM 的核函数类型、惩罚参数 C 等,通过验证集评估筛选最优参数组合。模型验证采用准确率、召回率、F1 分数等指标,准确率反映整体预测准确性,召回率保障污染样本检出避免漏检,F1 分数综合二者评估性能;结合交叉验证方法,将数据集分为 K 个子集循环训练验证取均值,提升评估可靠性。通过参数优化与有效训练验证,可提升模型性能,为食品安全监管提供可靠技术支持。

## 4 案例分析

### 4.1 案例一:某乳制品企业微生物检测结果判读系统应用

某大型乳制品企业生产规模大、产品品类全,乳制品易滋生微生物致变质或引发食源性疾病,故对原奶采购、生产加工、成品储运等全环节微生物检测要求极高,需检测多种致病菌及有害微生物,执行严于国标的内部标准,对检测准确性、及时性和高效性需求迫切。为满足需求,企业引入人工智能辅助食品微生物检测判读系统,升级改造检测实验室、对接先进检测仪器实现数据自动采集传输,并整合信息化系统获取生产全流程信息支撑分析。系统应用成效显著:检测效率大幅提升,传统人工判读 50 个样本需 2-3 天,系统将全流程缩短至 1 天内,效率提升超 50%,可快速监控生产、规避不合格产品批量生产;长期成本显著降低,检测人员减少 30%,减少人工失误带来的重复检测成本,同时降低质量问题引发的召回赔偿损失;准确性大幅提高,1000 个样本检测中常见微生物识别准确率超 98%,优于传统人工的 90%,可准确区分易混淆微生物,提升产品质量稳定性,增强消费者信任,为企业可持续发展奠定基础<sup>[2]</sup>。

### 4.2 案例二:某食品检测机构的实践

某综合性第三方食品检测机构面向多方提供检测服务,业务具显著多样性与样本复杂性:业务涵盖粮食制品、肉制品等全食品品类检测,不同品类食品成分、工艺及污染风险差异大;样本来源广泛含成品、原料等,部分基质复杂含干扰成分,部分微生物含量极低,且样本采集保存条件各异,对检测技术与流程要求极高。针对上述特点,对人工智能辅助检测判读系统进行适配优化:适配方面,评估改造现有仪器并开发专用接口实现数据自动传输,优化扩展检测项目库与参数设置,为不同品类食品检测建立专属模块与判读规则;优化方面,采用先进预处理技术去除复杂基质干扰,引入深度学习弱信号增强算法提升低含量微生物检测灵敏度,建立样本质量评估模型修正检测结果。系统应用成效显著,多品类多项目样本检测周期从 5-7 天缩短至 3-4 天,提升服

务响应速度;5000 个复杂样本检测总体准确率超 96%,减少误漏判,增强机构信誉与竞争力,为食品安全监管提供更有技术支撑<sup>[3]</sup>。

## 5 系统评价与展望

为全面验证系统的实用价值,为后续推广应用提供科学依据,本研究从准确性、可靠性、效率、易用性四维度设定评价指标评估系统性能。结果显示,系统对 1000 个食品样本的微生物种类识别准确率达 97%、检测结果判断准确率达 98%,较传统人工分别提升 10% 和 8%;99% 测试次数中稳定运行,结果一致性超 98%;处理 1000 条数据平均仅需 3 分钟,检测周期从 48 小时缩短至 8 小时内,效率显著提升;85% 检测人员认可其界面友好、操作简便。系统应用前景广阔,可助力监管部门快速获取可靠决策依据,强化食品供应链全流程监管,提升监管精准度;帮助企业提升质量控制水平,缩短产品上市周期,增强市场竞争力。推广中面临技术、法规、成本挑战,需针对性施策:技术上需适配新检测技术与食品基质差异,加强产学研合作优化算法、建立干扰数据库;法规上需完善相关标准明确结果法律效力,借鉴国际经验推动法规接轨;成本上需通过政府扶持、开发通用平台、建立运维合作机制,有效降低中小微企业及检测机构的应用门槛。

## 6 结论

本研究成功构建人工智能辅助食品微生物检测判读系统,完成多渠道检测数据的收集与规范化处理,选定并优化卷积神经网络算法(识别准确率超 97%),设计分层架构及核心功能模块,经实践验证显著提升检测效率、降低成本。研究仍存在特殊食品与罕见微生物数据覆盖不足、复杂场景算法泛化能力有限、系统与现有流程融合不紧密等问题。未来将拓展数据来源并强化标注质控,探索新 AI 算法与多模态数据融合技术,优化系统功能适配实际流程,可引入区块链保障数据安全追溯,推动检测领域智能化发展。

## 参考文献

- [1] 刘英.人工智能在食品微生物检测中的应用[J].食品安全导刊,2025,(11):128-130.
- [2] 朱健新.人工智能技术在食品微生物检测中的应用研究[J].中国食品工业,2025,(20):92-93.
- [3] 李宏双.新技术在食品微生物检测中的应用现状及发展方向[J].工业微生物,2025,55(4):86-88.DOI:10.3969/j.issn.1001-6678.2025.04.023.