

基于 CNN-LSTM 的中草药视觉识别与智能煎煮控制系统研究

池佳涵, 曾泽同, 王景丽, 陶自琪

宁波财经学院, 浙江 宁波 315175

DOI: 10.61369/TACS.2026020019

摘 要 : 在中药现代化与智能化发展浪潮下, 精准识别中草药并智能控制煎煮过程成为关键需求。基于此, 本文深入探究了基于 CNN-LSTM 的中草药视觉识别与智能煎煮控制系统的意义、策略和案例, 旨在通过深入的研究, 实时精准识别中草药种类与品质, 动态优化煎煮参数, 实现煎煮过程智能化控制, 有效提升中药制备效率与质量, 为中药产业智能化发展提供有力技术支撑。

关 键 词 : CNN-LSTM; 中草药视觉识别; 智能煎煮控制系统

Research on Traditional Chinese Medicine Visual Recognition and Intelligent Decoction Control System Based on CNN-LSTM

Chi Jiahao, Zeng Zetong, Wang Jingli, Tao Ziqi

Ningbo University of Finance and Economics, Ningbo, Zhejiang 315175

Abstract : Amid the wave of modernization and intellectualization of traditional Chinese medicine (TCM), accurate identification of Chinese herbal medicines and intelligent control of the decoction process have become key demands. Based on this, this paper deeply explores the significance, strategies and cases of the TCM visual recognition and intelligent decoction control system based on CNN-LSTM. Through in-depth research, it aims to accurately identify the types and quality of Chinese herbal medicines in real time, dynamically optimize decoction parameters, realize intelligent control of the decoction process, effectively improve the efficiency and quality of TCM preparation, and provide strong technical support for the intelligent development of the TCM industry.

Keywords : CNN-LSTM; visual recognition of Chinese herbal medicines; intelligent decoction control system

引言

关于促进数字中医药发展的若干意见中明确指出以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导, 全面贯彻落实党的二十大和二十届二中、三中全会精神, 深入学习贯彻习近平总书记关于中医药工作的重要论述, 完整、准确、全面贯彻新发展理念, 深刻把握数据要素基本特征和战略地位, 以提升中医药行业数字化思维为切入点, 以提高中医药服务质量和效率为主线, 以发挥中医药数据的赋能作用为导向, 用3—5年时间推动大数据、人工智能等新兴数字技术逐步融入中医药传承创新发展全链条各环节, 促进中医药数据的共享、流通和复用, 初步实现中医药全行业、全产业链、全流程数据有效贯通, 全力打造“数智中医药”, 为数字中国建设提供中医药实践, 为中医药现代化发展提供有力支撑^[1]。研究人员应该根据国家的政策性文件进行研究, 这样才能够更好地实现智能控制系统的功能。

一、基于 CNN-LSTM 的中草药视觉识别与智能煎煮控制系统研究的意义

(一) 推动中医药智能化转型

药用植物的鉴别和煎煮中药的过程一直依赖中医疗工作者的经验和人为的操作, 存在一定程度的主观性和随意性, 难以做到标准化、规范化^[2]。本研究融合卷积神经网络(CNN)和长短期

记忆网络(LSTM)构建中药鉴别和煎煮控制系统, 利用深度学习技术贯穿于中药全过程控制, 不仅极大地提高药材鉴别的正确率和煎煮工艺的稳定性, 还通过数字化手段将中医药知识显性化, 从而实现中医疗与现代科技的深度融合, 为中医药智能化、精准化发展探索新路^[3]。

(二) 保障临床用药安全性

中药在煎煮过程中涉及多步, 其中火候和时间是关键, 二者

密切相关并协同作用，直接影响有效成分和毒性成分的提取效果^[4]。传统煎药方式受温湿度、器具材质影响大，药效不够稳定，本设计用多传感器融合数据信号作为输入，实时监控煎药过程，合理调节煎药时间及火候，保证不同批药材的煎药质量的一致性，从而实现闭环控制，最大限度提取药用活性成分，减少有害物质生成，使患者增强对中药制剂的信心，提高中医药服务的临床效果，这样才能更好地保证视觉识别在煎煮当中的应用，提高医护人员的效率^[5]。

二、CNN-LSTM 的中草药视觉识别与智能煎煮控制系统研究策略

（一）多模态数据融合策略

中草药识别任务中，不同药材的形态具有较高相似性，煎煮过程控制中中药煎煮时间与时间之间具有时序依赖关系^[6]。为此，采用“空间-时序”双通道设计思路，视觉通道采用改进的 DenseNet 网络提取中医药的纹理、色泽等静态特征信号，通过注意力机制增强关键特征表示；煎煮通道采用双向 LSTM 模型挖掘温度、压力等动态参数的时序规律，通过门结构建模长期依赖信息。设计跨模态交互模块，使静态特征信号与动态序列信号在隐藏层中进行特征对齐和信息互补，解决单一模态信息缺失问题，增强系统对复杂场景的适应性^[7]。

（二）轻量化模型部署策略

由于嵌入式设备的计算资源极其有限，若直接部署资源要求较高的模型，则易受硬件限制。用深度可分离卷积代替标准卷积，大幅压缩视觉模型参数量，从而有效突破硬件瓶颈；使用神经架构搜索自动生成适合移动端的网络结构，进一步在不损失精度的同时降低计算复杂度；设计动态推理模块，根据输入样本复杂度自适应调整网络深度，使平均计算量减半，从而适应不同复杂度的嵌入式设备。上述优化使得模型可以在树莓派等低成本硬件上实现实时识别及控制，为系统落地奠定基础^[8]。

（三）自适应控制策略

将煎煮过程建模为部分可观测马尔可夫决策过程，定义状态空间为多传感器融合特征，动作空间为加热功率调节指令。即时奖励鼓励跟踪目标温度曲线，长期奖励优化有效成分提取效率^[9]。通过优先经验回放与策略梯度优化，使控制策略能够自动适应黄芪、当归等不同药材的煎煮特性，解决传统 PID 控制参数整定困难的问题，实现真正意义上的智能控制^[10]。

（四）可解释性增强策略

视觉识别部分采用基于高分辨率热力图的 Grad-CAM++ 解释方式，直观呈现模型关注的药材区域；煎煮控制部分采用 LSTM 单元激活值的解释方式，定位关键时间步；系统层面采用决策树联合神经网络的混合模型，用可理解的规则解释控制规律；在此基础上开发交互式可视化平台，赋予临床医师监测系统运行状态的权限，使其在出现异常决策时能够及时干预，从而提高技术信任度和在临床领域的应用认可度。

三、基于 CNN-LSTM 的中草药视觉识别与智能煎煮控制系统研究的案例

（一）研究内容与技术路线

采集 50 类常用中草药，每类 2000 张图片，构建共计 10 万张图片的中药图像数据集，并进行图像预处理和增强；采用 CNN-LSTM 融合网络，实现中草药高精度识别及煎煮参数映射；设计硬件控制系统，涵盖图像采集、传感器、执行器和嵌入式主控等模块；完成系统集成与实验验证，优化模型与控制算法。

（二）系统总体设计

1. 系统架构

系统采用四层架构，分别为感知层、算法层、控制层、应用层。感知层利用高清摄像头采集药材图像，温度、液位、重量、流量传感器采集煎煮状态数据。算法层部署 CNN-LSTM 模型，完成识别与工艺参数输出。控制层以 STM32/ARM 为核心，驱动加热、水泵、搅拌、阀门等执行机构，实现 PID 闭环温控与时序调度。应用层提供人机交互、参数配置、日志存储、远程监控功能。

2. 功能模块

视觉识别模块：负责图像采集、预处理、特征提取与分类输出，为后续工艺决策提供基础。

工艺决策模块：依据药材属性生成煎煮方案，包括水量、温度、时长、文武火、先煎后下、次数等参数。

智能控制模块：实现精准加水、恒温控制、火候切换、时序管理以及故障报警等功能，确保煎煮过程稳定可靠。

数据管理模块：进行处方存储、参数追溯与报表生成，方便对煎煮过程进行管理与分析。

3. 工作流程

首先进行药材图像采集与预处理，接着利用 CNN-LSTM 模型识别药材种类与属性。系统根据识别结果匹配标准煎煮工艺，生成控制指令。随后自动完成加水、浸泡、加热、时序控制、出药等操作，并全程记录数据，在出现异常时及时告警。

（三）中草药视觉识别 CNN-LSTM 模型构建

1. 数据集构建

选取 50 类常见中草药，涵盖根、茎、叶、花、果实、皮类及炮制饮片。在标准光照下采集图像，每类 2000 张，总计 10 万张。按 7:2:1 划分为训练集、验证集、测试集，数据集覆盖不同角度、光照、摆放形态，有效提升模型泛化能力。

2. 图像预处理

预处理流程包括尺寸统一，将图像 resize 至 224×224；像素值归一化至 [0,1]；采用随机裁剪、翻转、旋转、亮度调整等增强手段缓解过拟合；运用高斯滤波与直方图均衡化去噪，突出纹理与轮廓。

3. CNN-LSTM 融合模型设计

模型分为 CNN 特征提取与 LSTM 时序建模两部分。CNN 主干采用改进 MobileNetV2，包含多种结构，输出 512 维特征向量，兼顾精度与速度。LSTM 时序层将 CNN 特征按工艺序列展

开,学习“药材特征—煎煮参数”的时序依赖,输出分类结果与工艺向量。分类与回归头通过全连接层与相关函数完成分类与连续参数输出,损失函数采用分类交叉熵+均方误差联合损失。

4. 模型训练与优化

使用 TensorFlow/Keras 框架,优化器为 Adam,学习率 $1e-4$,批次大小32。采用 Dropout(0.5)L2正则防止过拟合,并使用 ImageNet 预训练权重初始化 CNN 加速收敛。

(四) 智能煎煮控制系统设计

1. 硬件系统

主控单元选用 STM32F407 负责逻辑调度与通信;感知单元包括 OV2640 摄像头、DS18B20 温度传感器等;执行单元有加热模块、蠕动泵等;交互单元包含 LCD 触摸屏、Wi-Fi 模块等。

2. 控制策略

精准加水:基于药材重量、吸水率、目标药量计算加水量,蠕动泵控制误差 $\leq 10\text{mL}$ 。

温控策略:采用 PID 闭环控制,武火快速升温至沸腾,文火恒温维持,温度误差 $\leq \pm 1^{\circ}\text{C}$ 。

时序控制:按先煎、后下等规则自动调度投料与加热时序。

安全保护:具备干烧保护、超温报警、液位异常停机功能。

3. 煎煮工艺库

建立包含 2000+ 药材的标准工艺库,明确浸泡时间、加水量、煎煮次数、火候及特殊规则等参数。

(五) 实验与结果分析

1. 实验环境

硬件为嵌入式主控、高清摄像头、多传感器煎药平台;软件采用 Python3.8、TensorFlow2.8等;数据集为50类中草药图像

集与标准工艺参数库。

2. 实验结果

经过一段时间的实验,实验结果如表1所示。

表1 实验结果

实验项目	具体内容	结果
识别性能评估	指标:准确率 Accuracy、精确率 Precision、召回率 Recall、F1 - Score	测试集准确率 96.2%, 精确率 95.8%, 召回率 95.5%, F1 - Score 95.6%, 优于单一 CNN 模型 (92.3%)
煎煮控制性能测试	选取 10 种药材进行重复测试,考察加水量、温度、时长误差及批次间有效成分溶出相对标准偏差 RSD	加水量误差 $\leq \pm 1.0\%$; 温度控制误差 $\leq \pm 1^{\circ}\text{C}$; 时长误差 $\leq \pm 30\text{s}$; RSD $\leq 3.5\%$, 稳定性显著优于人工煎煮
对比实验	与传统人工、单一 CNN + 固定参数系统对比	识别效率提升 8 倍,人均日处理量大幅提高;煎煮不合格率由 12% 降至 2% 以下;全流程可追溯,满足药房与药企规范化需求

从实验结果可以看出,构建的中草药智能识别与煎煮控制系统在识别与控制性能上表现卓越,具有较高的实用价值与推广意义。

四、结束语

基于 CNN-LSTM 的中草药视觉识别与智能煎煮控制系统,实现了中草药识别与煎煮控制的智能化升级。该系统不仅提高了中草药识别的准确性与煎煮控制的精准度,还显著提升了中药制备的效率与质量。通过融合深度学习技术,系统有效克服了传统方法的主观性与局限性,推动了中药生产的现代化进程。

参考文献

[1] 芦梦媛,张颖,苏春燕. 人工智能在饮食评估中的应用研究进展 [J]. 中国慢性病预防与控制, 2024, 32(12): 952-956.

[2] 索尼携手卡内基梅隆大学, 引领人工智能与机器人烹饪新纪元 [J]. 工业设计, 2024, (09): 18.

[3] 简叶叶,李庆旺. 关于大食物观如何促进食品智能加工技术专业发展的思考 [J]. 食品界, 2024, (06): 38-40.

[4] 韩估. 人工智能赋能全球粮食安全: 现状、挑战与应对 [J]. 当代经济管理, 2024, 46(09): 48-57.

[5] 宫伟彦,丁彩翠,袁帆,等." 大数据 + 人工智能 " 在营养健康领域的应用研究 [J]. 中国食物与营养, 2024, 30(11): 61-65.

[6] 滕雯迪,曹锦轩,王金鹏,等. 生成式人工智能为食品营养学课程教学带来的机遇与挑战——以 ChatGPT 为例 [J]. 中国食品, 2024, (02): 23-25.

[7] 王兰,黄黎清,衡子婷. 基于用户体验的中药煎煮机设计研究 [J]. 设计, 2023, 36(16): 110-113.

[8] 张悦琳,王创剑. 基于人工智能知识库的营养膳食推荐系统研究 [J]. 重庆工商大学学报 (自然科学版), 2024, 41(05): 16-27.

[9] 汪心裔,陈飞祥,李一芳. 太极炉智能中药煎煮机的研制 [J]. 中医药管理杂志, 2021, 29(15): 216-218.

[10] 宫伟彦,丁彩翠,袁帆,等." 大数据 + 人工智能 " 在营养健康领域的应用研究 [J]. 中国食物与营养, 2024, 30(11): 61-65.