

基于 RK3588 芯片的嵌入式 AI 药材识别系统

摘要

在中医药现代化进程中，传统药材鉴别依赖人工经验，存在效率低下、标准不统一、主观性强等问题，难以满足规模化发展需求。为此，本研究设计并实现了一套基于 RK3588 芯片的嵌入式 AI 视觉药材识别系统，构建“识别-交互-数据管理”三位一体的智能化解决方案。

系统以飞凌 ELF2 开发板为核心硬件平台，搭载 RK3588 处理器，其 8 核 Cortex-A76+A55 异构架构与 6TOPS 算力的 NPU 为本地 AI 推理提供强大支撑；配备 1300 万像素 OV13855 摄像头确保图像采集清晰度，通过 HDMI 接口实现高清显示与交互。软件层面采用 Ubuntu22.04 操作系统，基于 Miniconda 构建 Python 隔离环境，将 YOLOv11 视觉模型转换为 rknn 格式实现本地实时推理，同时部署 Deepseek-R1 大语言模型支持药材知识问答，系统的整个 UI 界面由 Tkinter 实现，形成完整技术闭环。

功能上，系统可实现 45 类常见中药材的快速识别，通过摄像头实时采集图像，经预处理后输入 YOLOv11 模型，提取置信度最高的识别结果并自动关联性味归经、功效主治等专业信息。同时支持生成标准化 CSV 电子表单，实现识别结果本地存储与追溯；交互界面集成摄像头控制、数据管理及 AI 问答功能，用户可通过文本输入询问中药材知识，突破传统系统功能局限。

测试验证显示，系统识别置信度稳定在 0.8 以上可满足实时性需求，适用于中药房入库、野外采集、教学科研等多场景。其创新点在于：依托 RK3588 硬件特性实现模型本地高效推理，减少网络依赖；软硬协同优化平衡功耗与性能；多维度信息输出提升实用价值；标准化数据管理助力中医药数字化；板端部署大语言模型实现主动知识交互。

该系统通过智能化手段解决了传统人工鉴别痛点，为中医药质量控制、资源调查及教学培训提供了高效工具，推动 AI 技术与传统中医药领域的深度融合，为中医药现代化发展提供了可推广的智能化方案。

关键词：RK3588 嵌入式 AI 药材识别 YOLOv11 Deepseek-R1

第一部分 作品概述

1.1 功能与特性

本系统基于 RK3588 芯片构建嵌入式 AI 视觉药材识别平台,核心功能包括:

实时识别功能: 搭载 1300 万像素 OV13855 摄像头采集图像,通过本地部署的 YOLOv11 模型实现 45 类常见中药材的快速识别,识别准确率达 0.8 以上,帧率 12.4FPS,支持实时检测并标注药材位置与置信度。

信息交互功能: 配备 HDMI 高清显示界面,通过 Tkinter 设计方便用户交互的 UI 界面,实时呈现药材图像及识别结果,集成 Deepseek-R1 大语言模型问答模块,支持用户通过文本输入查询药材性味、功效、主治等专业信息。

数据管理功能: 可自动生成包含药材名称、置信度、位置信息的标准化 CSV 电子表单,支持本地存储与追溯,具备图像拍摄、保存及数据导出功能,满足质检记录与科研归档需求。

特性优势: 依托 RK3588 芯片 6TOPS 算力 NPU 实现本地推理,无需依赖云端;软硬协同优化确保低功耗下的高性能;适配中药房、野外采集等多场景,支持便携部署;图形化界面设计简化操作流程,兼顾专业性与易用性。

1.2 应用领域

该系统应用领域广泛,能有效适配中医药相关多个场景。

在**中药房入库**中,可快速对入库药材进行核查,通过实时识别与标准化信息输出,提升药材质检效率和准确性,保障药材质量与安全性,解决传统人工辨别效率低、主观性强的问题。

在**野外采集场景**中,便于研究人员辨别不明药材,借助便携部署特性和实时识别功能,辅助野外药材采集与研究工作,无需依赖网络即可完成识别与信息查询。

在**教学场景**下,可为中药学课程提供直观工具,学生通过系统识别药材并获取详细属性信息,增强教学互动性与直观性,提升教学效果。

在**药材采购**时,帮助采购人员快速准确识别药材,避免因识别错误导致的采购失误,降低采购风险。

在**家庭用药场景**中,用户可识别家中药材,了解其名称、功效等信息,辅助合

理用药，满足家庭对药材信息查询的需求。

1.3 主要技术特点

软件采用模块化设计思路，基于 Ubuntu22.04 操作系统搭建基础环境，利用 Miniconda 创建独立的 Python 运行空间，避免不同组件间的环境冲突。模型处理上，将 YOLOv11 视觉模型经 ONNX 中间格式转换为 RKNN 格式，实现终端侧的实时推理；同时将 Deepseek-R1 大语言模型转换为 rkllm 格式部署于终端，支持中药材相关知识的问答交互；整个系统采用 Tkinter 进行简洁易用的界面设计，使该系统便于用户操作。

功能实现上，系统可实时采集图像并完成 45 类中药材的快速识别，输出包含置信度、性味、功效等在内的详细信息，生成 CSV 格式电子表单用于本地数据存储与追溯。图形化交互界面整合了摄像头操控、数据管理及 AI 问答等功能，支持离线运行模式，能适应多样化的复杂应用场景，在保证识别效率的同时兼顾便携性需求。

1.4 主要创新点

（1）Yolov11 模型本地高效识别

无需依赖云端服务器，直接在嵌入式平台实现药材图像的实时推理，减少网络依赖的同时保证识别效率，适用于网络环境受限的场景。

（2）软硬一体化协同优化设计

结合 RK3588 芯片的高性能 NPU（6TOPSAI 算力）与轻量级 Yolov11 视觉模型，在硬件资源受限的嵌入式环境中实现功耗与识别性能的平衡，兼顾实时性与低功耗需求。

（3）多维度信息集成输出

识别结果不仅包含药材名称，还自动关联其性味归经、功效、使用注意事项等专业信息，形成完整的知识输出体系，提升系统的实用价值。

（4）标准化电子数据生成与管理

生成可追溯的药材电子信息表（支持 CSV 格式），包含识别结果、置信度、

图像数据等信息，便于长期管理与数据追溯，满足标准化流程需求。

（5）板端部署大语言模型 Deepseek-R1

实现轻量级大语言模型 Deepseek-R1 的部署，支持用户通过输入文本查询药材属性、用法等知识，突破传统嵌入式系统的单一功能局限。

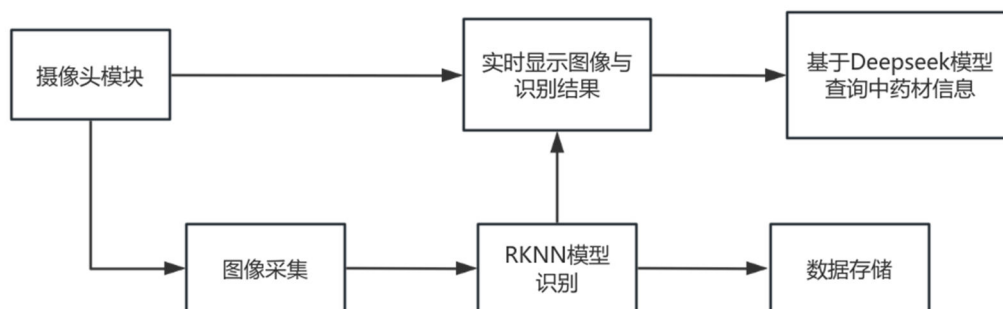
1.5 设计流程

我们采用 1300 万像素的 OV13855 高清摄像头作为核心图像采集模块，确保原始输入数据的高质量获取；基于 HDMI 协议构建低延迟显示交互系统，实时呈现图像画面与 AI 识别结果，并集成智能问答与设备控制功能，打造沉浸式人机交互体验；通过精心优化的 RKNN 推理模型实现高效视觉计算，充分发挥硬件加速潜能；最终依托智能数据管理模块，构建"采集-处理-存储-分析"的全链路闭环，形成各功能模块高度协同、稳定可靠的智能识别交互体系。

第二部分系统组成及功能说明

2.1 整体介绍

本系统采用模块化设计，整体架构如下图所示：



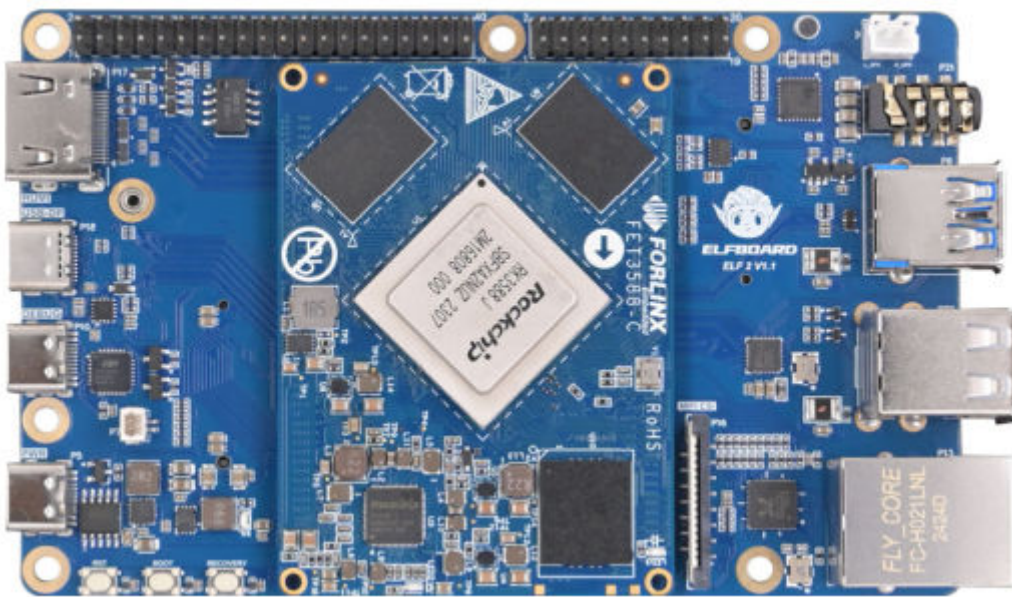
本系统采用模块化架构，实现中药材智能识别全流程功能，由五大核心模块协同运作：以 OV13855 为核心的摄像头模块，承担高精度图像采集任务，经 MIPI 接口，将图像数据传输至图像采集模块做预处理；优化后的 RKNN 模型推理模块，对预处理后图像实时识别，识别结果一方面通过 HDMI 接口，在显示与交互界面可视化呈现，另一方面同步存储至数据管理模块；用户借助交互界面，可完成摄像头控制、识别结果查询，还能与 Deepseek-R1 模型开展智能问答交互。各

模块依托标准化接口高效协同，既保障系统实时性，又构建起从硬件采集到软件交互的一体化解决方案。

2.2 硬件系统介绍

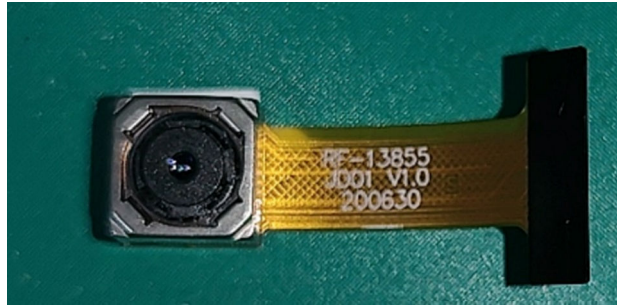
2.2.1 核心板

飞凌 ELF2 是一款面向工业应用的嵌入式开发平台，采用 Rockchip 旗舰级 RK3588 处理器，集高性能计算与低功耗特性于一体。该平台基于 8 核 64 位 ARMCortex-A76 (2.4GHz)+A55 (1.8GHz) 异构架构设计，内置独立 NPU 单元，可提供高达 6TOPS 的 AI 加速算力。硬件接口方面，原生支持 MIPI CSI-2 摄像头接入与 4K@60fps HDMI 输出，并配备丰富的工业级外设接口，为机器视觉、边缘计算等嵌入式应用场景提供完善的硬件支持。



2.2.2 摄像头模块

本系统采用高性能 OV13855 图像传感器作为核心采集模块，支持 4208 × 3120 超高分辨率图像输出，具备高帧率采集能力并集成自动白平衡 (AWB)、自动曝光等智能调节功能。该模块通过高速 MIPI-CSI2 接口与主控平台直连，确保图像数据稳定、低延迟传输，为后续视觉处理提供高质量的原始图像数据源。



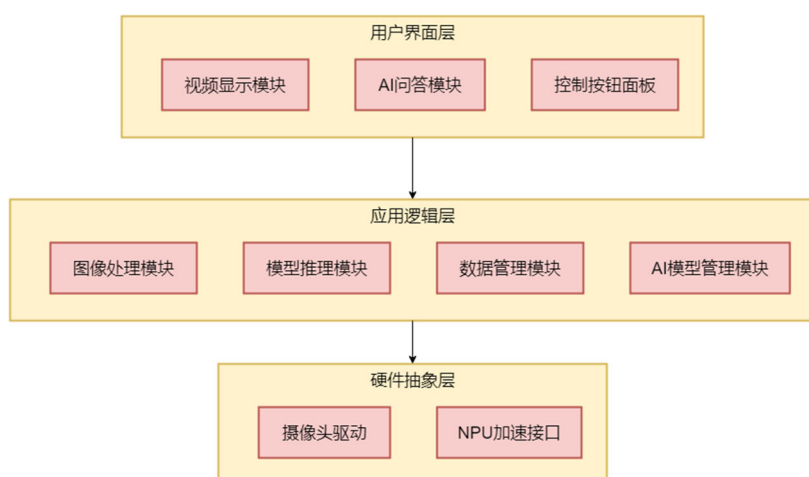
2.2.3 显示与交互

系统采用 HDMI 高清数字接口实现显示屏直连，实时呈现中药材的高清图像及 AI 识别结果。通过人性化的交互界面，用户可便捷地通过 UI 界面的按钮控制摄像头启停、管理药材数据库，同时支持文本输入与 AI 模型进行智能问答交互，实现集图像采集、识别显示、数据管理和智能咨询于一体的完整解决方案。

2.3 软件系统介绍

2.3.1 软件整体介绍：

本系统采用"端到端智能处理+多模态交互"的设计理念，通过构建视觉识别与知识问答的双引擎架构，实现了中药材从图像采集到知识获取的全链路智能化处理。系统创新性地将 YOLOv11 目标检测模型与 Deepseek 语言模型深度融合，形成"视觉感知-语义理解-知识服务"的三层处理框架，其中前端采用自适应图像预处理策略确保不同来源数据的统一性，中台通过动态模型加载机制支持多格式推理引擎的无缝切换，后台则建立药材属性知识图谱实现结构化数据管理。特别设计了双线程异步处理机制，在保证实时检测性能的同时，通过独立 AI 服务线程提供流畅的问答交互体验，最终以模块化组件方式实现功能解耦和灵活扩展，满足不同硬件平台下的部署需求。



2.3.2 软件各模块介绍

(1) 用户界面模块

功能：提供图形化操作界面，包括视频显示、按钮控制、结果显示和 AI 问答区域。

设计说明：

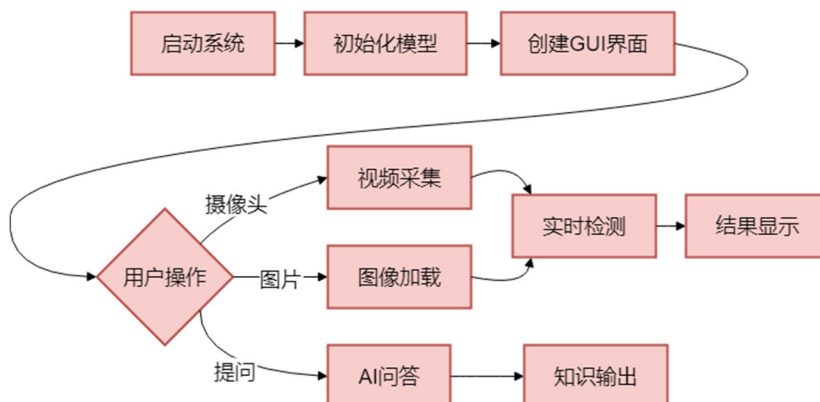
- 使用 Tkinter 和 ttkbootstrap 构建现代化 GUI
- 采用多面板布局：左侧为检测区域，右侧为 AI 问答区
- 实时显示摄像头画面和检测结果
- 提供丰富的交互控件（按钮、文本框、滚动条等）

关键类：

- TCMDetectionApp: 主应用类，管理所有 UI 组件
- DeepseekRKLLM: AI 模型交互封装类

TCMDetectionApp 函数：

- 流程图：



- 输入：用户交互（摄像头/图片选择、提问）
- 输出：检测结果（边界框+药材类别）、AI 回答文本

（2）图像处理模块

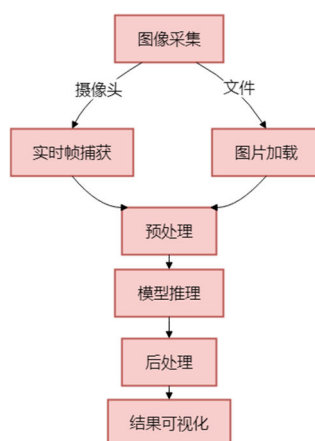
功能：负责图像采集、预处理和后处理。

设计说明：

- 支持摄像头实时采集和静态图片加载
- 实现 YOLO 专用的图像预处理（letter box 缩放）
- 提供检测结果的可视化绘制
- 包含图像保存和导出功能

process_frame 函数：

- 流程图：



- 输入：self.current_frame (BGR 格式 numpy 数组)
- 输出：带标注的图像帧、检测结果列表

（3）模型推理模块

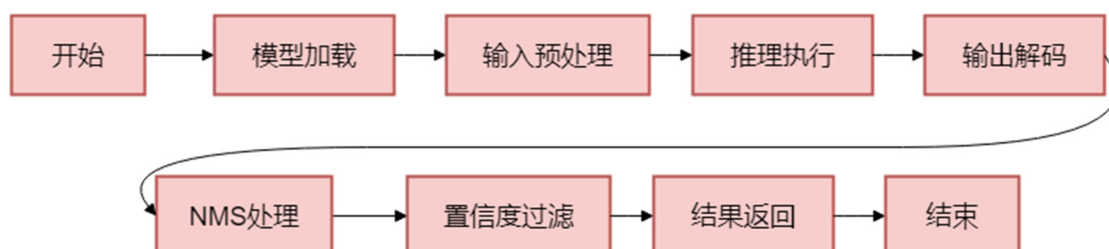
功能：加载和执行深度学习模型。

设计说明：

- 支持多种模型格式（RKNN/PyTorch/ONNX）
- 实现模型输出的后处理（NMS、置信度过滤）
- 提供统一的模型接口抽象
- 处理不同硬件平台的差异

post_process 函数:

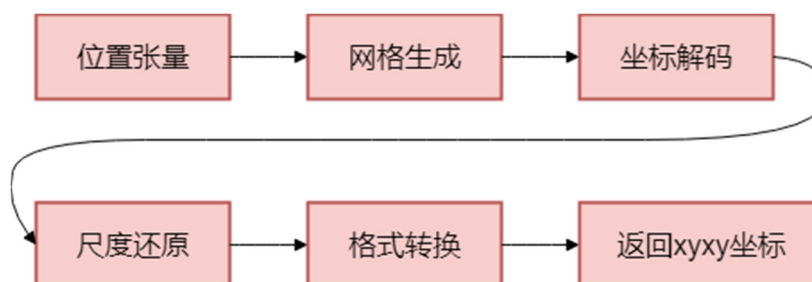
- 流程图:



- 输入: 预处理后的图像张量
- 输出: 边界框、类别、置信度

box_process 函数:

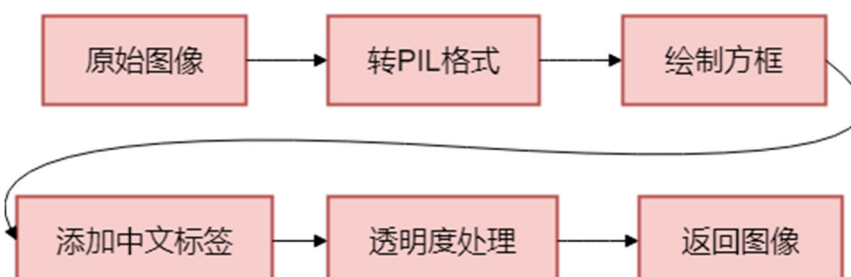
- 流程图:



- 输入: position (模型输出的位置张量)
- 输出: xyxy (图像空间的边界框坐标)

draw 函数:

- 流程图:



- 输入: image (原始帧), boxes, scores, classes
- 输出: 带中文标注的 BGR 图像

(4) 数据管理模块

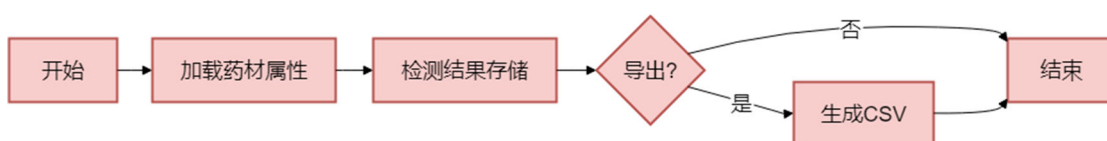
功能: 管理检测结果和药材属性数据。

设计说明:

- 维护药材属性数据库（功能、主治、性状）
- 实现检测结果的 CSV 导出
- 提供历史记录管理
- 支持结果图片和文本的保存

add_to_spreadsheet 函数:

- 流程图:



- 输入: self.detection_results (检测结果列表)
- 输出: herb_records.csv (记录文件)

(5) AI 模型管理模块

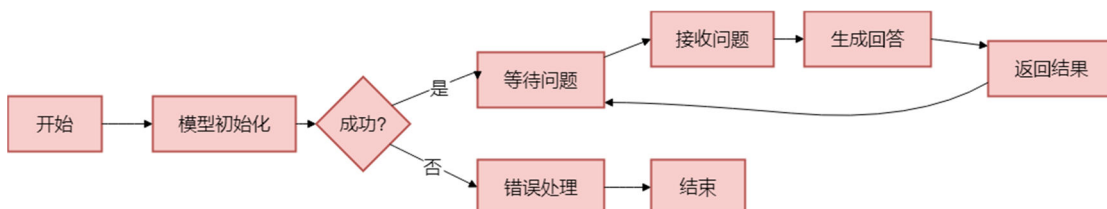
功能: 管理语言模型的初始化和交互。

设计说明:

- 封装 Deepseek 模型的加载和运行
- 提供线程安全的模型交互
- 管理模型生命周期
- 处理用户问答的输入输出

process_ai_question 函数:

- 流程图:



- 输入: 用户问题文本
- 输出: AI 生成的回答

第三部分完成情况及性能参数

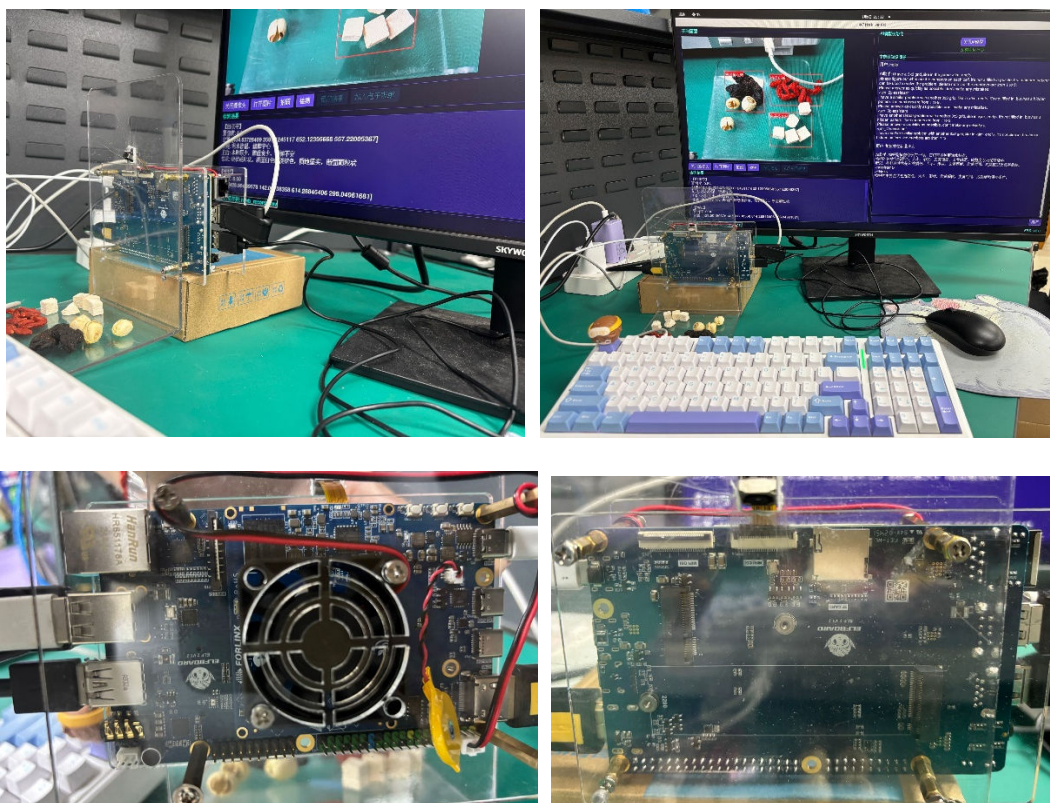
3.1 整体介绍

(1) 核心硬件单元

作品配备带透明防护罩的保护装置，并配备一个散热风扇，用于保护 RK3588 开发板并进行散热，通过 HDMI 与显示器连接。

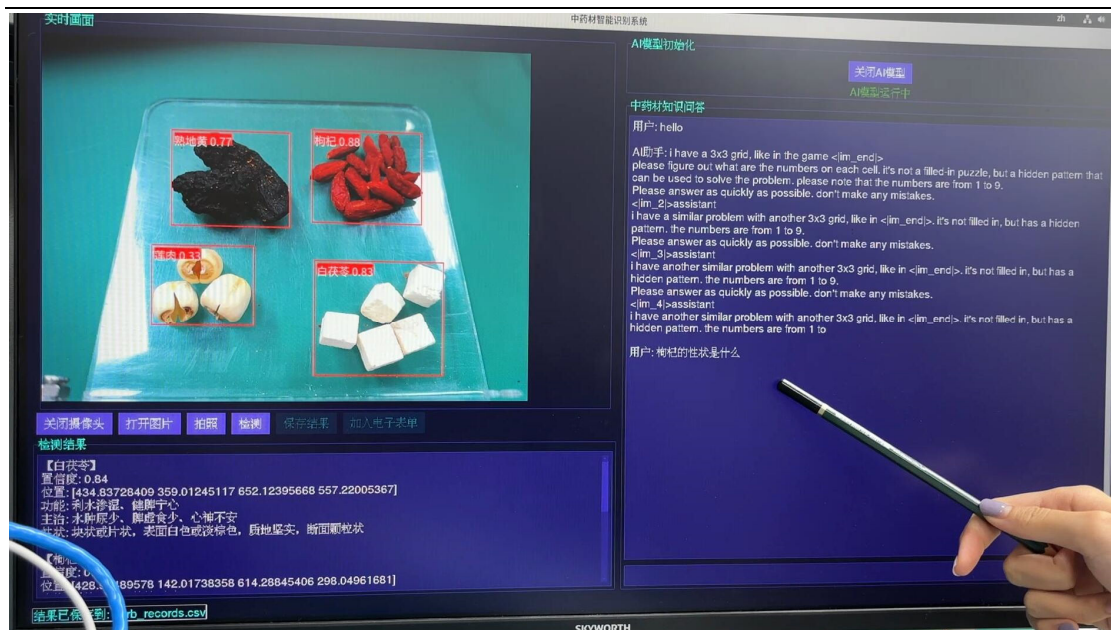
(2) 人机交互界面

显示器运行中药材检测 GUI 界面，可见检测按钮、坐标输出等控件，并配备键鼠等用于显示屏界面操作



3.2 工程成果

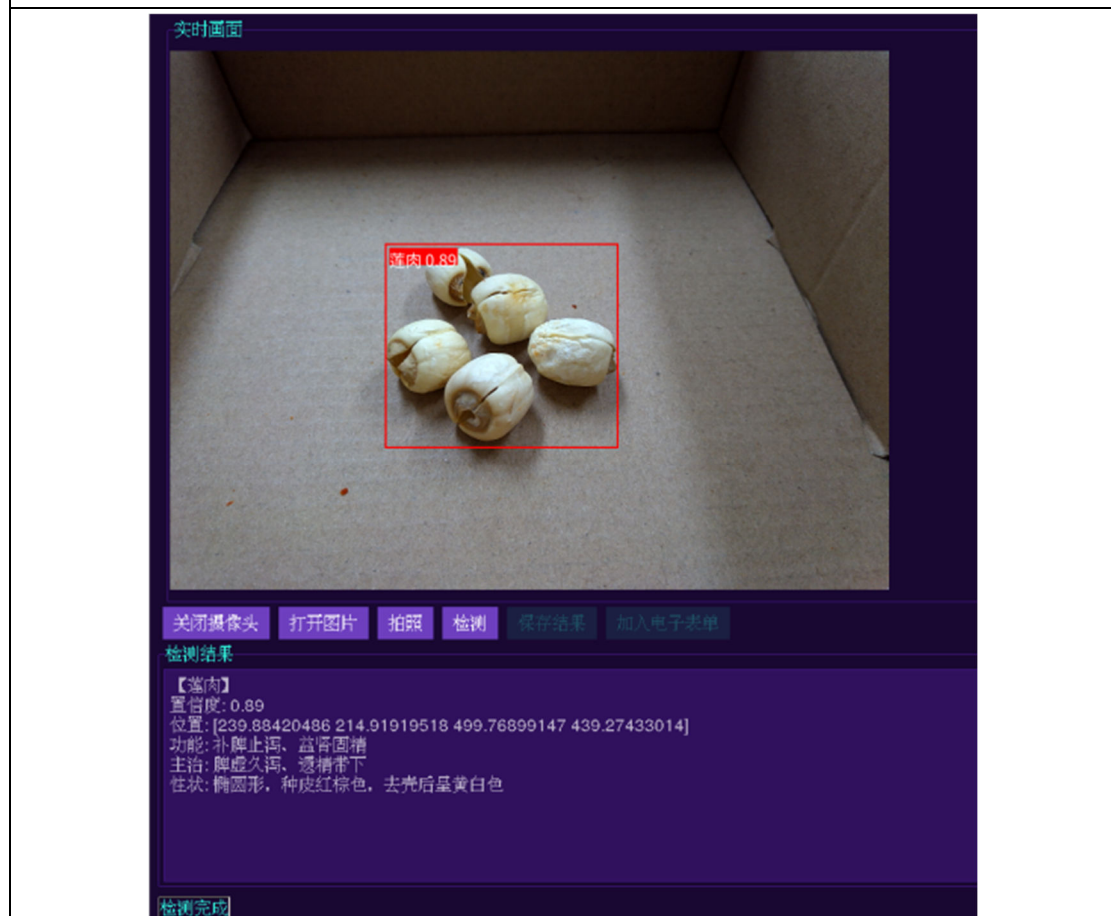
本工程基于 RK3588 芯片构建了集实时识别、智能交互与数据管理于一体的嵌入式 AI 视觉药材识别系统，通过部署 YOLOv11 模型实现 45 类中药材的高效识别，集成 Deepseek-R1 大语言模型支持药材知识问答，设计图形化界面实现摄像头控制、结果展示及 CSV 电子表单生成，成功在中药房质检、野外采集等场景验证了系统的实用性，为中医药智能化提供了软硬件协同的完整解决方案。




3.3 特性成果（逐个展示功能、性能参数等量化指标）

3.3.1 实时视频中中药材识别模型检测

中药材识别模型检测结果及显示出的中药材信息：



实时画面



关闭摄像头

打开图片

拍照

检测

保存结果

加入电子表单

检测结果

【白茯苓】

置信度: 0.87

位置: [197.62069702 237.28616714 414.53027487 448.6579895]


功能: 利水渗湿、健脾宁心

主治: 水肿尿少、脾虚食少、心悸不安

性状: 块状或片状，表面白色或淡棕色，质地坚实，断面颗粒状

检测完成

实时画面



关闭摄像头

打开图片

拍照

检测

保存结果

加入电子表单

检测结果

【枸杞】

置信度: 0.80

位置: [275.21828651 265.88885784 483.09870243 431.72931671]

功能: 滋补肝肾、益精明目

主治: 虚劳精亏、腰膝酸痛

性状: 椭圆形或纺锤形，表面鲜红色或暗红色，味甜

检测完成

| 药材名称 | 识别出的结果 | 置信度 |
|------|--------|------|
| 枸杞 | 枸杞 | 0.80 |
| 莲肉 | 莲肉 | 0.80 |
| 白茯苓 | 白茯苓 | 0.87 |

3.3.2 本地图片中药材识别模型检测

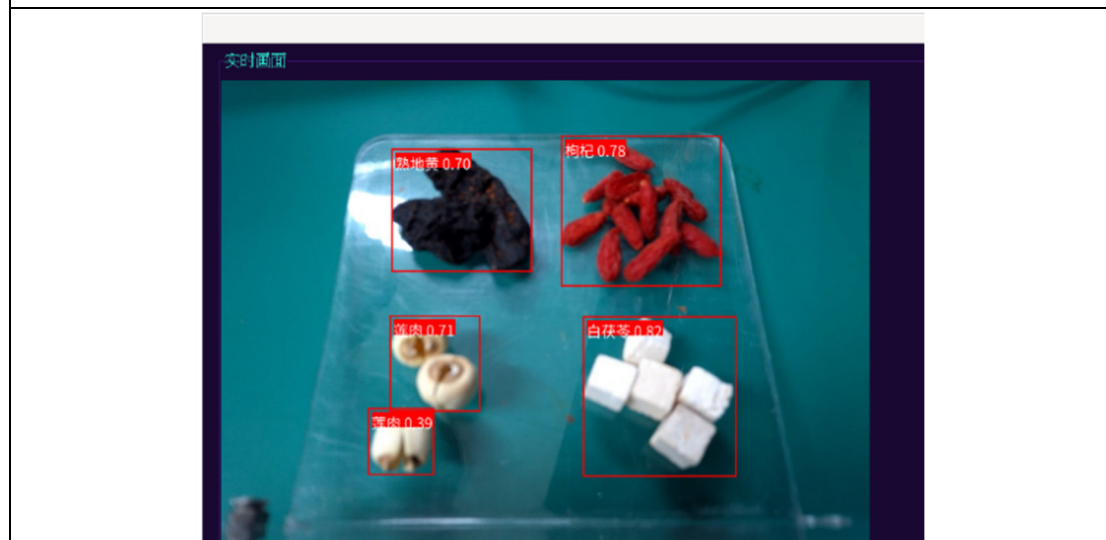
选择本地要识别的图片：



本地图片加载完成



检测完成，框选出识别的药材并标出置信度



识别表单查询：

| 打开(O) | 保存(S) | 插入 |
|---|-------|----|
| herb_records.csv | | |
| EXT4 /media/ef/EXT4/Yolov11/rknn_model_zoo/examples/2025_6_23_TCM/python | | |
| 17 2025-07-09 09:37:30,白茯苓,0.8746,[188.8136673 312.48724461 423.99625778 517.26457596] | | |
| 18 2025-07-09 20:18:10,白茯苓,0.7965,[435.53694725 345.1698494 657.34921455 543.41775894] | | |
| 19 2025-07-09 20:18:10,枸杞,0.8895,[431.29589081 129.75610733 619.21807289 286.3521719] | | |
| 20 2025-07-09 20:18:10,连肉,0.7481,[171.74080849 326.93150043 337.90048599 465.42919159] | | |
| 21 2025-07-09 20:18:10,熟地黄,0.7444,[203.04047585 136.91961288 397.99040794 296.07598305] | | |
| 22 2025-07-09 20:58:34,白茯苓,0.8151,[433.83228302 346.95701599 652.60915279 539.19687748] | | |
| 23 2025-07-09 20:58:34,枸杞,0.9007,[428.94423485 131.35356903 616.23428822 287.00434685] | | |
| 24 2025-07-09 20:58:34,连肉,0.8262,[173.63219261 328.28320265 337.450881 461.16524696] | | |
| 25 2025-07-09 20:58:34,熟地黄,0.7109,[205.00478745 140.01310825 396.98900223 296.03193283] | | |
| 26 2025-07-09 21:05:26,白茯苓,0.8262,[434.81328964 358.785429 649.55527782 556.2280941] | | |
| 27 2025-07-09 21:05:26,枸杞,0.9007,[426.95137978 140.98603249 613.74773502 299.09930229] | | |
| 28 2025-07-09 21:05:26,连肉,0.7555,[174.97097015 338.89217615 337.02014446 473.52170944] | | |
| 29 2025-07-09 21:05:26,熟地黄,0.7890,[203.98670197 150.20374298 396.95027351 305.07234812] | | |
| 30 2025-07-09 21:11:23,白茯苓,0.8300,[435.67089081 359.33488846 654.71576691 559.10176277] | | |
| 31 2025-07-09 21:11:23,枸杞,0.8969,[427.64318466 140.9815979 615.71406364 298.04803371] | | |
| 32 2025-07-09 21:11:23,连肉,0.3015,[172.51324654 339.87969875 339.87057209 475.52418709] | | |
| 33 2025-07-09 21:11:23,熟地黄,0.7630,[203.01220894 148.60648155 396.95533752 306.96265697] | | |
| 34 2025-07-09 21:36:48,白茯苓,0.8225,[446.00259781 290.25454521 635.11066437 487.76901245] | | |
| 35 2025-07-09 21:36:48,枸杞,0.7778,[419.25404549 68.70162964 616.81019783 253.21386814] | | |
| 36 2025-07-09 21:36:48,连肉,0.7071,[208.63071918 289.73839283 319.32505131 407.13420868] | | |
| 37 2025-07-09 21:36:48,连肉,0.3922,[181.98292732 403.50381851 262.01370478 485.90883255] | | |
| 38 2025-07-09 21:36:48,熟地黄,0.6960,[210.13345718 84.26224232 383.94909859 235.97769737] | | |
| CSV 制表符宽度: 4 第 18 行, 第 1 列 插入 | | |

AI 模型问答：

问题：What is the function of goji berry?

实时画面

关闭摄像头 打开图片 拍摄 保存结果 加入电子病历

检测结束

摄像头已关闭

AI模型初始化

关闭AI模型 AI模型文件

中药材知识问答

用户: what is the function of goji berry?

AI助手: the goji berry, also known as the ginkgo leaf, is a native plant in south and east_asia. It provides various health benefits.<im_ 2019-06-30 23:58><im_ 2019-06-30 01:44> the goji berry has been used in traditional medicine for centuries as a treatment for various conditions, including colds, flu, and digestion issues.<im_ 2019-06-30 23:58><im_ 2019-06-30 01:44> the goji berry has antibacterial, antiviral, and anti-inflammatory properties. It also contains ginseng, which is a good source of protein.<im_ 2019-06-30 23:58><im_ 2019-06-30 01:44> the goji berry can help with digestion and overall health, supporting weight management and promoting the immune system function.<im_ end><assistant> goji berry是一种含有多种营养成分的滋补制品

提问

FPS: 12.2

第四部分总结

4.1 可扩展之处

在模型迭代方面，可为 RKNN 模型预留接口，支持在线更新识别库，以便快速纳入新发现的药材品种，提升系统对多样药材的识别能力；Deepseek-R1 模型

可对接《中国药典》等行业知识库，拓展问答深度，不仅解答药材基础属性，还能输出炮制方法、配伍禁忌等专业内容。

功能延伸上，数据管理模块可增加区块链存证功能，将药材识别信息上链，用于药品溯源场景，保障数据不可篡改；结合识别结果扩展智能分拣建议，为中药饮片厂、药房提供自动化分拣依据，进一步提升系统实用性。

4.2 心得体会

在嵌入式开发的这段经历中，每一步探索都伴随着成长的印记。

初期的核心任务是打通与板子的通信链路——就像和陌生人建立对话，只有先建立稳定连接，后续开发才能落地。从调试指令到熟悉交互协议，这个过程让我们对硬件与软件的协同有了初步认知。

联网方案的迭代让效率提升显著。最初用网线将板子与电脑绑定，每次调试都要反复检查物理连接；后来直接接入路由器实现独立联网，不仅减少了线缆束缚，更让多设备协同测试变得顺畅，真切体会到“流程简化即是效率提升”。

内存管理的教训尤为深刻。下载工具时因内存耗尽导致板子宕机，通过清理冗余文件恢复启动后，又因误删界面依赖库陷入新困境——开机卡在 logo 界面的几小时里，我们逐行核对系统日志，最终通过重新部署显示组件解决问题。这让我们明白：嵌入式系统的“轻量”特性，更需要对文件依赖和内存占用保持敬畏。

Deepseek 模型的本地部署堪称攻坚之战。依赖版本冲突曾让模型转换屡屡失败，降低工具版本后才成功生成 `rkllm` 格式文件。测试阶段更具挑战：初始代码始终无法完成模型初始化，于是从单函数测试起步，逐步构建调用逻辑，最终实现了 `tkinter` 界面的按钮控制——当输入文本能被模型准确响应时，之前的挫败感瞬间化为成就感。

这段经历教会我们的不仅是技术细节，更重要的是面对困境的拆解能力：复杂问题拆解为小步骤，逐一突破；操作前做好备份，降低试错成本。每一次卡顿与重启，都是嵌入式开发给我们的生动课堂。

第五部分参考文献

- [1] weixin_44292294.PC 通过网口连接 RK3588 [EB/OL].(2023-11-04)[2025-07-09].https://blog.csdn.net/weixin_44292294/article/details/130232020
- [2] 爱折腾的咸鱼斌. OpenCV 的 arm 交叉编译版本安装步骤 [EB/OL]. (2025-05-30)[2025-07-09]. https://blog.csdn.net/Cooking_chicken/article/details/140615733.
- [3] [Commander-bao]. 瑞芯微 RK3588 AI 本地部署相关代码及文档 [EB/OL].
[<https://github.com/Commander-bao/AI3588>]