

基于多视图特征融合的中药材性状图像识别技术报告

1 项目概况

中药材性状的传统鉴别方式，以经验为主导，主要根据药材的外观特征，利用人的感官得出真伪优劣的鉴别结果，具有快速、直观、经济等特点。以中药材五倍子为例展示如何通过传统方法鉴别，如图 1-1 所示。

中药本身具有个体差异，同时经过种植采收、炮制加工、存储等过程，形状、颜色、细节纹理等特征会发生改变；后辈在学习过程中按图索骥经常出现认知和理解偏差；依赖人员的主观判断长短、大小和整体状态，无法实现客观评价，可能带来错误判断的严重后果。



图 1-1 中药材五倍子传统方法鉴别示意图

针对鉴别关键特征难量化、鉴别主观性强及经验传承困难等问题，本项目提出基于多视图特征融合的中药材性状图像识别的技术，采用大数据驱动的深度识别方法，克服单一特征的零和博弈评价的缺点，模拟人类模糊综合判断的方式，实现中药材的高性能、自动化智能鉴别。

本阶段项目，以药用菊花为示范，搭建了药用菊花性状识别的自动化智能识别系统。

2 样本采集

2.1 采集条件

为控制统一的光照、背景等环境条件，我们制作了简易的拍摄箱，原型图如图 2-1 所示。

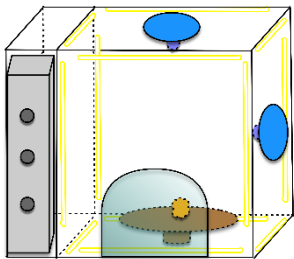


图 2-1 简易拍摄箱子图

箱子主要包含四部分：12 个 LED 灯管，两个 1080P 分辨率高清 USB 摄像头，置物台，电路连接线及开关。12 个 LED 灯管分布在箱子立方体的每条边上，使发出的白色光源均匀充分；拍摄设备采用 1080P 分辨率高清 USB 摄像头，连接电脑，实现同步拍摄和保存功能；箱子包含一个箱门，用于放置药材样本；箱子可封闭，内部全白色，置物台底面也是白色，构成全白的封闭空间；箱子左侧是电路线板和开关，实现对摄像头、灯管和箱门线路的控制。

2.2 采集实例

药用菊花分为五大类：亳菊，滁菊，贡菊，杭菊，怀菊。具体如图 2-2 所示。



图 2-2 五类药用菊花样例

图像采集，分为正面，侧面和底面三个角度拍摄，提供药材多视角的特征信息，有利于提高模型识别的准确率和泛化能力。五种不同种类的中药菊花，保存在样本袋里，以贡菊为例，具体如图 2-3 所示：

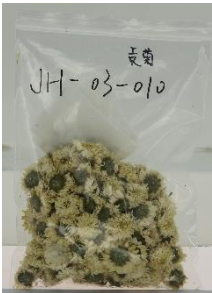


图 2-3 贡菊样本袋图

拍摄步骤具体如下：

将 USB 摄像头连接电脑，打开 LED 灯管电源，从装有中药菊花的样本袋里，随机轻轻的捏取任意朵菊花样本，分散无序的放在置物台上（尽量分散不要有重叠部分），关闭箱子，在电脑上点击拍摄按钮，获取拍摄图像，下载到本地保存。

药用菊花采集图像，以贡菊的正面、侧面和底面为样例，如图 2-4 所示。

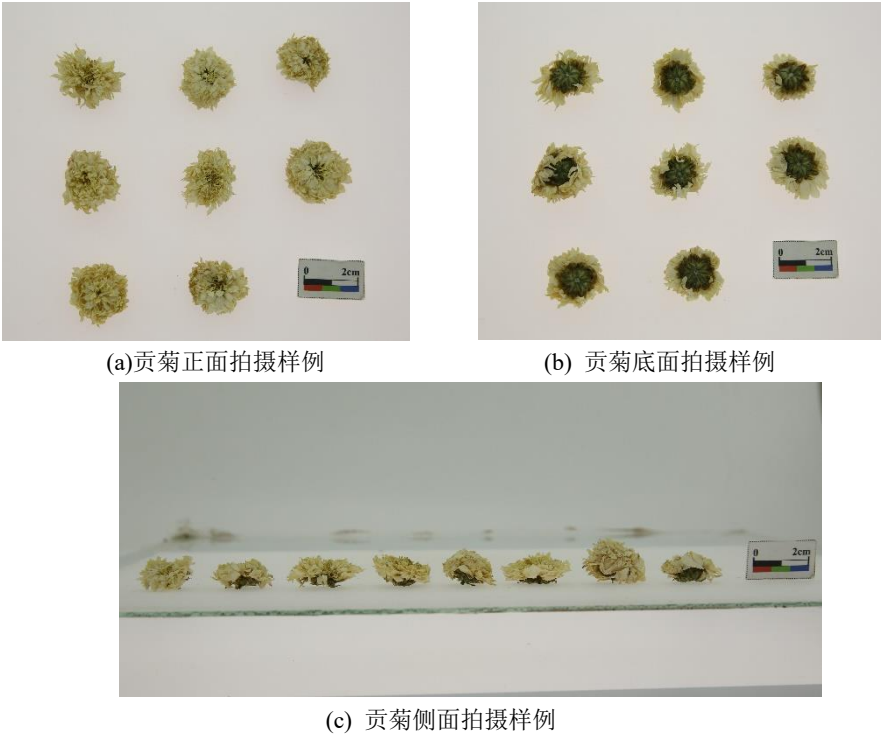


图 2-4 贡菊多视角拍摄图像样例

现阶段，采集图像数量，每类菊花有 460 张图片，共计 $460 \times 5 = 2300$ 张图片，其中正面，侧面和底面所占比例约为：6:2:1。

3 算法设计

3.1 图像预处理：检测与分割

下面以图 2-4(a)中贡菊正面拍摄图像为例，介绍图像预处理检测和分割的算法。

3.1.1 基于区域选择性搜索（Selective Search）的菊花检测分割算法

- (1) 分层分组算法：
主要分为以下几个步骤：
 - a) 计算所有相邻区域之间的相似性。
 - b) 合并两个最相似的区域。
 - c) 计算合并区域和相邻区域的相似度。
 - d) 重复 b、c 过程，直至图像变为一个区域。最后输出物体位置的可能结果。
- (2) 多样化策略
一张图像中包含的信息非常丰富，图像中的物体有不同的形状、尺寸、颜色、纹理等关系，根据颜色，纹理和尺度，采用不同的相似度进行衡量，适应不同图像的不同特征关系，达到更好的检测分割效果。
- (3) 算法检测分割效果
算法效果，如图 3-1 所示。

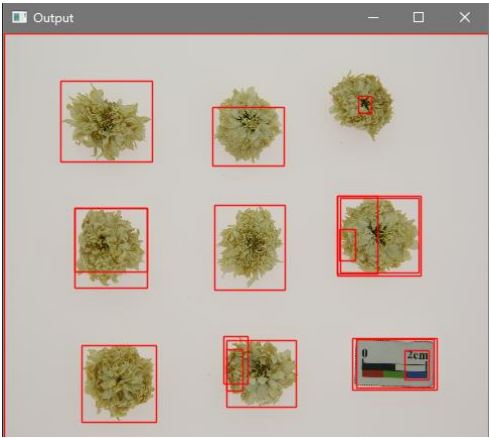


图 3-1 基于区域选择性搜索算法的检测分割效果图

- (4) 算法分析
由于中药菊花纹理复杂，颜色与背景相似，导致基于区域选择性搜索的检测分割算法效果不好，存在漏检、多检等情况。

3.1.2 基于 COCO 数据库目标检测预训练模型 Detectron2 的菊花检测分割算法

- (1) COCO 数据库：
COCO 数据集由 5 个关键字段构成，检测对象包含 80 个类别。Detectron2 是一个比较成熟的主流检测框架，我们在 COCO 数据集上进行训练，然后对本任务中药菊花进行检测分割。
- (2) 算法检测分割效果：

算法效果，如图 3-2 所示：

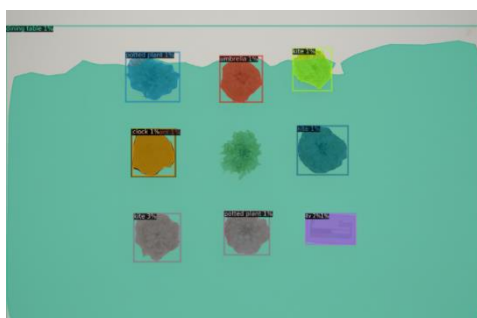


图 3-2 基于 COCO 数据库的预训练模型 Detectron2 的检测分割效果图

(3) 算法分析：

由于 COCO 数据库的对象分类跟本任务的中药菊花有着很大区别，缺乏对中药菊花的检测训练，导致算法效果不好，存在漏检、误识别等情况。

3.1.3 基于背景去噪的菊花检测分割算法

(1) 彩色图像阈值分割（去背景）

彩色图像由 RGB(红绿蓝) 三通道组合而成，为了能够精准的检测出菊花药材的位置并切割出来，我们首先进行去背景操作，减少除菊花药材以外的任何背景因素的干扰。



图 3-3 去背景处理效果图

设置像素阈值为 125，对所有位置进行检测，当前位置像素值如果大于此阈值，则认为背景因素，然后将此位置像素值设置为 0，也就是黑色，有利于跟菊花药材的像素值进行区分。去背景处理效果图如图 3-3 所示。

针对存在误识别色彩对比卡的情况，算法做了进一步的优化。

减少干扰色彩对比卡的干扰，防止误识别情况，详细分析色彩对比卡的像素值以及环境的对比，针对色彩对比卡设置特定的像素阈值，不断优化，去除色彩对比卡的影响。

(2) 检测物体轮廓

对(1)中得到的去背景图像进行二值化处理，便于更好的分析物体的性状和轮廓。然后开始进行菊花药材轮廓的检测，并在原图中画出检测的轮廓结果，检测结果如图 3-4 所示。

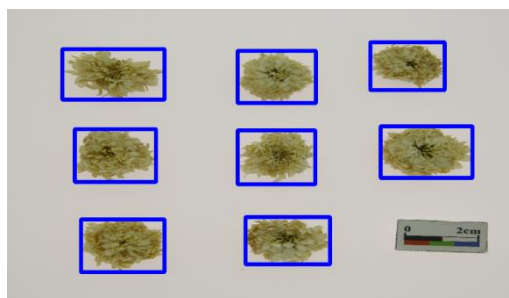


图 3-4 基于背景去噪算法的菊花药材轮廓检测效果图

针对对于尺寸较小菊花样本漏检的情况，算法做了进一步的优化。

减少漏检，有时对于很小的菊花样本，会当作背景识别不出来，在检测物体轮廓时，将识别框阈值进行调整，不断优化，最后调整到适应于不同大小的菊花样本，能够更好的更全面的实现对样本的检测，减少漏检的情况。

(3) 切割目标

对(2)中得到的轮廓检测图，根据检测到的轮廓的坐标，进行每个菊花药材的切割，切割效果如图 3-5 所示。

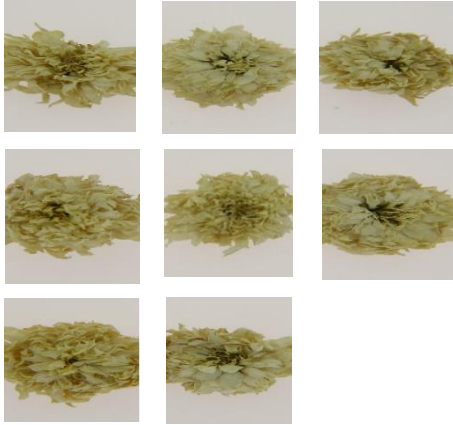


图 3-5 基于背景去噪算法的菊花药材切割效果图

(4) 速度提升：

在去背景操作中，为了更准确更快速的识别背景，针对像素阈值设置了一个辅助矩阵，称为“mask”矩阵，利用计算机硬件对于矩阵进行快速运算，代替之前对于像素值繁琐的两层循环机制，将分割速度提高了 3-4s，由之前的 4s 降低到 1s 以内，实现了速度质的提升，同时保证了分割检测的准确性。

(5) 算法分析：

由于中药菊花纹理复杂，尺度不一，颜色与背景差异不明显，对基于背景去噪的算法设置合理的阈值，针对不同的复杂情况进行优化，可以有效的减少背景等因素的干扰，更准确的判断出中药菊花的位置，可以获得更好的检测分割效果。

3.2 多视图细粒度分类模型

3.2.1 多视图细粒度分类模型整体框架

针对药用菊花的颜色、形状、纹理特征，分别引入关系网络、U-net 网络和残差网络进行特征提取和学习，同时将药用菊花的五分类作为每个特征提取和学习网络的监督任务，构建一个多视图细粒度分类模型，如图 3-6 所示，每个特征学习的过程互不干扰。

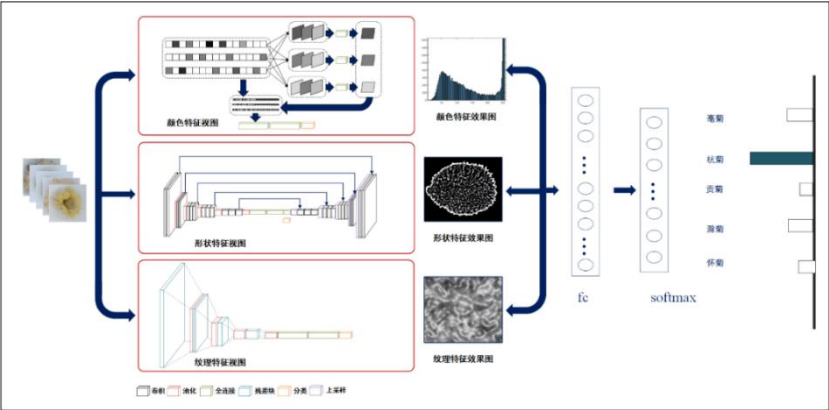


图 3-6 多视图细粒度分类框架

采用深度学习方法将颜色作为专门的特征进行学习。首先通过计算药用菊花图像的颜色相关图得到药用菊花的初步颜色特征。随后，定义一个浅层的关系网络来捕捉来自不同通道的颜色相关性图关系，最后将药用菊花的五分类作为监督任务以获得具有更强判别能力的高水平特征。

采用 U-Net 的 encoder-decoder 深度学习网络模型来完成形状特征的提取工作。采用 VGG-16 作为初始化编码器，药用菊花五分类作为特征提取的监督任务以保证学习到的形状特征具有更强的判别能力。

采用残差网络对中药图像进行纹理学习，在残差块中引入注意力机制，进一步加强网络对关键纹理信息的提取。药用菊花的五分类识别同样作为纹理特征学习的任务来监督纹理特征的提取过程。

3.2.2 基于度量学习的特征优化

针对多视图特征的高效融合问题，本项目提出基于度量学习的特征优化方法。

提出基于类别中心的损失函数，引导相同类别样本的特征表示相互接近，而不同类别样本的特征表示相互远离，具体公式化如（式 3-1）所示：

$$L_c = \max \left\{ 0, M - \frac{1}{|C|(|C|-1)} \sum_{i,j \in C} \|c_i - c_j\| \right\} + \frac{1}{|C|} \sum_{k=1}^{|C|} \frac{1}{n_k} \sum_{y_i=k} \|g_i - c_{y_i}\| \quad (3-1)$$

其中， $c_k = \sum_{y_i=k} \frac{g_i}{n_k}$ 代表第 k 个类别样本的中心， $y_i = k = \{1, 2, \dots, 5\}$ 代表五个类别的标签， g_i 表示第 i 个样本的特征表示， n_k 表示第 k 类的样本总数目， $|C|$ 表示类别总数目，M 是一个超参数，表示一个间隔，使同类样本之间的距离要比不同类样本之间距离小于一个间隔，更好的增强模型对多种类目标的识别准确性和区分性。

基于度量学习的特征优化的效果图如图 3-7 所示：

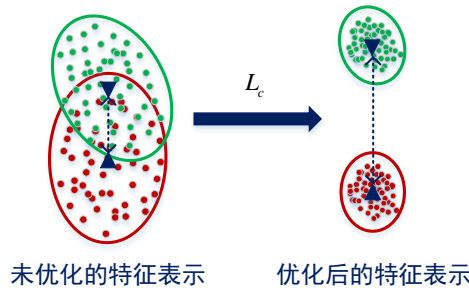


图 3-7 基于度量学习的特征优化效果图

其中，正三角和倒三角代表类中心。可以看出，优化之前的特征表示，不同种类的特征表示会有重叠部分，经过提出的基于度量学习的特征优化后，不同种类的特征表示之间的距离变大了，而且没有了重叠部分，表示分类效果更加准确，模型识别判别性更强。

3.2.3 分类模型输出结果

基于药用菊花多视角的图像处理，通过对颜色、形状、纹理进行多特征动态加权的方法，实现药用菊花多视角多特征的信息融合；设计一个全连接层和 softmax 分类层，有效地整合不同子网络的特征表示；提出基于度量学习的特征优化，使相同类别样本的特征表示相互接近，而不同类别样本的特征表示相互远离；最终，分类层输出对输入的药用菊花图像识别为各类菊花的概率，取概率最大的作为预测分类的结果，实现多视角细粒度分类的任务。

以图 2-4(a)中贡菊正面拍摄图像为例，最后的药用菊花分割检测以及识别结果，如图 3-8 所示。

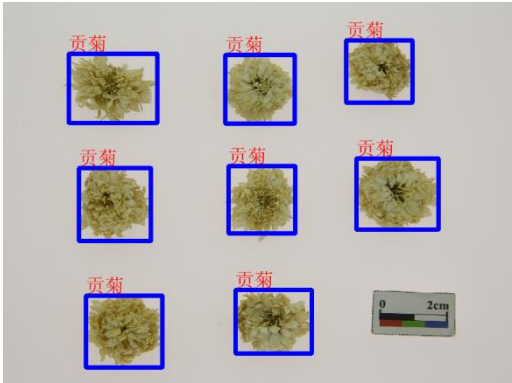


图 3-8 菊花药材切割检测与识别结果图

4 系统识别结果

4.1 数据集划分

将在 2.2 中采集到数据,按照 3:1 的比例划分为训练集和测试集,进行模型设计的优化。其中,训练集图片,每一类药用菊花有 345 张图片,共计 1725 张图片。测试集图片,每一类 115 张图片,共计 575 张图片。

4.2 模型识别结果

针对 3.2 节中设计的多视图细粒度分类模型,命名为 ChryFGC。已经更新到第五版,每一版本的识别准确率,如表 4-1 所示。可以看到,模型经过不断的优化,已经将识别的准确率从 88.3%提高到了 95.2%。

其中,最新版本的模型 ChryFGC_v5,在测试集上的混淆矩阵如图 4-1 所示,纵坐标表示数据原本的类别,横坐标表示模型识别的类别,比如第一行第一列,代表的意义是,原本为亳菊的菊花药材,被模型识别为亳菊的数目有 105 个。矩阵对角线的元素,就代表了模型对菊花药材识别识别正确的总数目。

表 4-1 多视图细粒度分类模型 ChryFGC 不同版本识别准确率

Model	Accuracy (%)
ChryFGC_v1	88.3
ChryFGC_v2	92.4
ChryFGC_v3	93.6
ChryFGC_v4	94.5
ChryFGC_v5	95.2

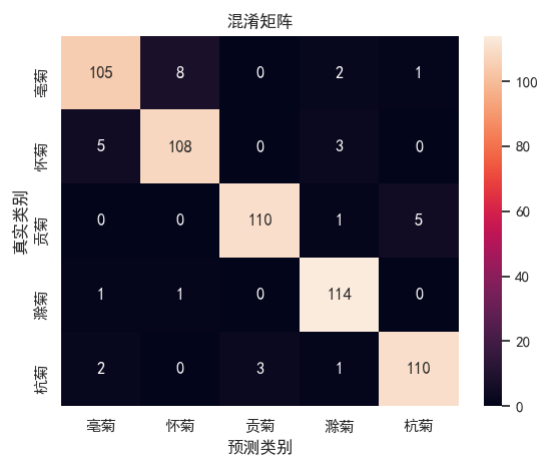


图 4-1 ChryFGC_v5 模型在测试集上的混淆矩阵

5 软件系统开发

5.1 登陆页面

登陆页面如图 5-1 所示，未注册用户可以点击注册按钮进行注册，已注册用户可以点击登录按钮，输入用户名和密码直接登录。



请登录

用户名:

密码:

忘记密码? 找回密码

图 5-1 软件系统登陆页面

5.2 添加待检测样品

登录完成后，进入中药质量标准数字评价系统页面，如图 5-2 所示。

中药质量标准数字评价系统

用户: 连义昌

首页

添加

样品名称	添加时间	样品编号	操作
<input type="checkbox"/> 暂未添加	暂未添加	暂未添加	查看 编辑 删除
<input type="checkbox"/> 暂未添加	暂未添加	暂未添加	查看 编辑 删除
<input type="checkbox"/> 暂未添加	暂未添加	暂未添加	查看 编辑 删除
<input type="checkbox"/> 暂未添加	暂未添加	暂未添加	查看 编辑 删除
<input type="checkbox"/> 暂未添加	暂未添加	暂未添加	查看 编辑 删除
<input type="checkbox"/> 暂未添加	暂未添加	暂未添加	查看 编辑 删除
<input type="checkbox"/> 暂未添加	暂未添加	暂未添加	查看 编辑 删除
<input type="checkbox"/> 暂未添加	暂未添加	暂未添加	查看 编辑 删除
<input type="checkbox"/> 暂未添加	暂未添加	暂未添加	查看 编辑 删除

共 400 条 20 条/页 < 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 > 前往 4 页

图 5-2 中药质量标准数字评价系统-添加待检药材页面

点击右上角加号按钮可以添加待检测药材，可以填写检品名称，项目编号，执行标准，备注等，具体如图 5-3 所示。在此页面，添加完毕后，可以点击添加字段按钮，添加检测人员根据需求增加的信息，比如抽样地点等。

基本信息

* 检品名称

六味地黄丸

0/30

* 项目编号

CZ20195363

0/30

* 执行标准

xxx

0/30

备注

未输入

0/100

抽样地点

这里是抽样地点

0/100

添加字段

取消

确定

图 5-3 添加待检测药材基本信息页面
添加完毕后，会显示检测项目列表，如图 5-4 所示。

中药质量标准数字评价系统

连义昌

首页 > xx项目

编辑基本信息

生成报告

撤回

检品主类

* 报告卡显示

* 检品名称

菊花

0/30

☒

* 执行标准

这里是执行标准

0/30

☒

* 抽样地点

这里是抽样地点

0/30

☒

* 检品编号

这里是编号

0/30

☒

备注

这里是备注

0/100

☒

检测项目列表

这里显示检测项目

搜索

☐

项目名称

添加时间

任务类别

操作

☐

性状

2021.3.6

性状

查看 编辑 删除

图 5-4 检测项目列表页面

在检测项目列表中，点击加号添加按钮，可以在选择任务中选择对于待检测样本的检测项目，比如性状，显微，薄层等项目，点击确定按钮，检测项目列表中就会更新待检测的项目，具有项目名称，添加时间，任务类别，操作等信息。可以点击查看按钮进行查看，也可以点击编辑按钮重新编辑待检测药材的信息，具体如图 5-5 所示。

点击图 5-4 检测项目列表中查看或者编辑按钮，可以查看和修改基本信息，如图 5-6 所示。可编辑的信息，包括标准规定，人工鉴别结果，抽样日期、温度、湿度等。

检测项目

项目名称

输入名称

0/30

备注

未输入

0/100

* 选择任务

性状

显微

薄层

水分-甲苯法

总灰分

数量

2

数量

1

数量

数量

取消

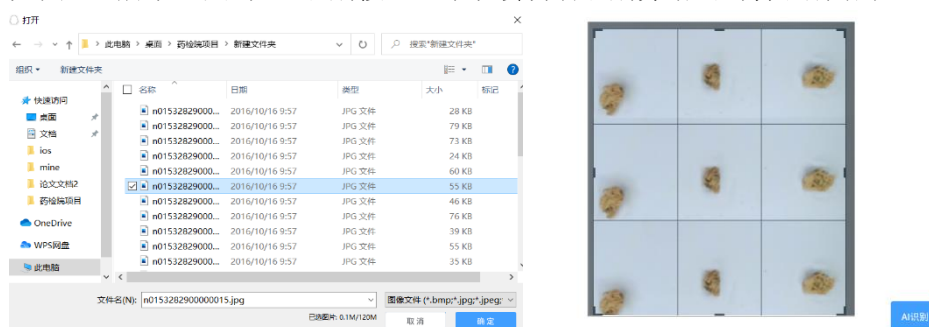
确定

图 5-5 选择检测项目示意图



图 5-6 检测项目查看和编辑页面

点击添加样本图片按钮，用户可以在本地电脑中任意文件夹中，添加待检测的药材样本图片，如图 5-7 所示，点击 AI 识别按钮，系统会自动识别并给出药材识别结果。



(a)添加样本文件图

(b)AI 识别图

图 5-7 添加样本文件以及进行 AI 识别示意图

点击查看标准样本文件，可以查看标准样本图像，如图 5-8 所示。



图 5-8 查看标准样本文件图

5.3 查看检测报告

点击预览子项报告按钮，可以查看检验记录报告，如图 5-9 所示。

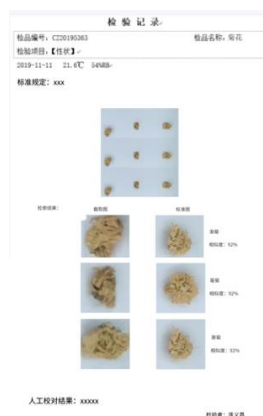


图 5-9 检测记录报告

在检测记录报告中，可以看到检验员添加的药材的基本信息，系统自动化识别的结果以及跟标准样本图的相似度。如果检验员，觉得系统给出的结果与人工判别的结果相差比较大，可以在检验报告中左下角填写人工校对结果，检验报告右下角会署名检验员的姓名。点击附件管理按钮，可以管理添加的样本图片，标准样本图片以及检测报告等，并可以即时下载在电脑中查看。

点击返回按钮，回到图 5-4，点击生成报告，可以查看所有检测项目的总报告，如图 5-10 所示，包含检测药材的基本信息以及各个检测项目的检测结果。

报告编号: 

第 1 页 (共 1 页)



检品名称	菊花		
批 号		生产日期	
有 效 期	/	保 质 期	/
生产单位或产地		规 格	
供样单位		包 装	
被抽样单位		检品数量	
检验目的		收检日期	
检验项目			
检验项目	标准规定	检验结果	
【性状】	应具菊花的外观特征		
【鉴别】			
薄层色谱	xxx		
【检查】			
水分	不得过 xxx		
总灰分	不得过 xxx		
酸不溶性灰分	不得过 xxx		
【浸出物】			
	不得少于 xxx		
【含量测定】			
	xxx		
<以 下 空 白>			

图 5-10 总报告示意图

6 工作计划

1. 进一步计划完成《基于多视图特征融合的中药材性状图像识别方法》专利。
2. 进一步优化图像预处理的检测与分割算法，提高算法的泛化性。
3. 进一步优化多视图细粒度分类模型，提高对性状图像识别的准确率。
4. 根据用户需求，进一步优化软件系统的开发，提高可用性和功能性。