

# 中国大学生计算机设计大赛



## 软件开发类作品文档简要要求

作品编号： 2022014735

作品名称： 基于深度学习的土壤污染类别自动判定研究

作 者： 宋金铃 陈璐鹏 杨帆

版本编号： V1.0

### 填写说明：

- 1、本文档适用于**所有**涉及软件开发的作品，包括：软件应用与开发、大数据应用、人工智能应用、物联网应用；
- 2、正文一律用五号宋体，一级标题为二号黑体，其他级别标题如有需要，可根据需要设置；
- 3、本文档为简要文档，不宜长篇大论，简明扼要为上；
- 4、提交文档时，以PDF格式提交本文档；
- 5、本文档内容是正式参赛内容组成部分，务必真实填写。如不属实，将导致奖项等级降低甚至终止本作品参加比赛。

填写日期： 2022 年 5 月 28 日

## 目 录

第一章 需求分析 .....	3
第二章 概要设计 .....	4
2.1 功能模块 .....	4
2.2 功能设计流程 .....	4
2.3 系统构架 .....	5
第三章 详细设计 .....	6
3.1 数据库设计 .....	6
3.2 关键技术 .....	7
3.3 界面设计 .....	8
第四章 测试报告 .....	12
第五章 安装及使用 .....	12
第六章 项目总结 .....	13
参考文献 .....	13

# 第一章 需求分析

土壤问题一直是一个大问题。《全国土壤污染状况调查公报》显示全国有 19.4%的耕地存在有机污染物或者无机重金属污染物超标的情况，其中无机污染物超标点位占全部超标点位的 82.8%，华南地区部分城市有 50%的耕地遭受镉、砷、汞等有毒重金属和石油类有机物污染，其中云南地区单个元素超标率在 30%以上的达到 37 个县<sup>[1]</sup>。从 2014 年至今，我国有 32 个省市及自治区出台了各地土壤污染防治条例及防治工作方案等。对此，我们进行了对污染土壤环境进行快速识别、处理、展示其信息，快速分析得出污染土壤污染类型及其修复方法，构建了基于深度学习的土壤识别修复平台。

随着计算机视觉、模式识别等领域的不断发展，如何识别提取图像特征，分析处理图像信息是深度学习领域发展的重要方向。有效深度学习技术在图像识别领域应用广泛，以局部感知和权值共享为特征的卷积神经网络（CNN）在图片分类和特征提取中效果显著。CNN 等深度学习技术为土壤优劣识别的发展提供了新的契机，通过 ResNet 网络<sup>[2]</sup>进行模型训练，构建土壤污染判别模型，与传统方法相比具有更高的效率以及适用率。

目前，关于利用深度学习技术判别土壤是否存在污染及功能实现的研究并不多，且缺乏一个完善的关于土壤及其修复相关专业文献及政策新闻的一站式平台。在软件方面，还未有对土壤是否存在污染进行识别的程序，土壤识别软件也十分稀缺，多数以土地监测为主，例如某科技开发的关于本地土地监测的程序，应用范围较小，且多数存在识别准确率不高，操作不便捷，界面不够美观等问题，所以一个同时具备美观，便捷，高准确以图片形势判别土壤是否存在污染的小程序的开发是必要的，以帮助大众了解土壤资源的保护修复知识。

系统对比	面向用户	主要功能	优缺点
绿洲土壤修复（本系统）	普通用户	拍照识别、知识科普、自动问答、污染分布地图、修复方案等功能	土壤信息全面 图片识别
土壤修复专家	普通用户	土壤修复相关产品、土壤修复咨询	偏向产品出售相关 文、新闻信息少
北极星土壤修复网	普通用户 专业用户	各省市土壤修复新闻	无图片识别 但是更新快、新闻多
生物土壤修复	普通用户	土壤类型、土壤危害、土壤修复方案	无防治文献信息
专业土壤修复	专业用户	土壤污染类型、土壤修复方案及措施	收费、可用信息少
各省市政府	普通用户	各省市土壤修复政策新闻发布	分布散

表 1. 本系统与现有土壤污染及修复平台对比

并且，随着数据时代的推动，数据获取是一个人人关心的问题，如何将好的、有用的数据呈现在公众面前，是亟需解决的问题，所以我们通过自行爬取土壤修复相关文献信息，新闻信息，文章信息进行采集，人工清洗，加工成方便大众阅读浏览的信息资源，在本小程序中展示，并进行实时维护，保证信息时效性及准确性，构成一个管理信息系统体系。

综上所述，本项目通过收集多种土壤的图片样本构建了一个土壤图像库，独具南京农业大学的农业特色，基于构建的图像库通过卷积神经网络构建面向土壤污染自动识别模型。在此基础上，设计开发了土壤污染判定及修复微信小程序。小程序面向广大民众，拥有土壤污染识别，土壤修复文献聚合，土壤修复相关公众号文章聚合等应用功能，对促进大众土壤保护意识，以及土壤修复相关材料的获取提供了高效的支持力。

# 第二章 概要设计

## 2.1 功能模块

小程序功能模块具体设计结构如图 1 所示，主要包含功能如下：

- （1）拍照识别模块用于识别用户上传的土壤图片，并返回结果，显示土壤是否受污染。
- （2）知识科普模块用于展示土壤相关信息的科普性介绍，如土壤的形成因素、土壤年龄怎么看等。
- （3）自动问答模块以聊天窗口形式接收用户提出的关于土壤污染、修复等问题，自动问答机器人根据问题给出答案。
- （4）分布地图模块以省份为界限，展示各省份含有的土壤类型及该地区常见的土壤污染。
- （5）修复方案模块系统的展示了土壤修复相关文献集合，通过检索端以获取不同来源的有关土壤修复的相关文献。
- （6）土壤类型、修复技术、污染危害模块系统化的展示了土壤相关基础信息。
- （7）修复方案模块展示了省市相关土壤政策新闻，一站式获取有关土壤污染及修复的相关文章。

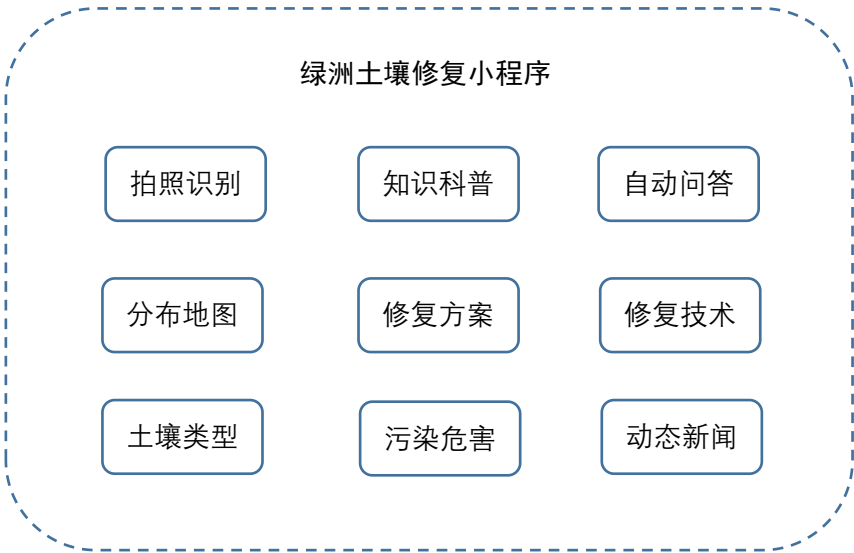


图 1. 功能模块

## 2.2 功能设计流程

小程序设计可分为三部分：前端的微信小程序交互页面、基于 Flask 的 Web 服务器、后端的数据库及模型。小程序的功能设计流程图如图 2 所示，关键介绍土壤污染识别功能实现设计。该功能基于 Flask 所搭建的 Web 服务器，通过小程序—模型—数据库的数据交互实现。在小程序中通过点击识别按钮选择上传的图片，发送 request 请求至服务器端。服务器端保存图片传输给模型用于识别。模型返回一个土壤污染水平预测值至服务器，由服务器传回给客户端，进行结果展示。其中，Web 服务器主要用于数据传输，模型主要用于预测图片，小程序进行结果展现反馈给最终用户。其他功能也是类似。

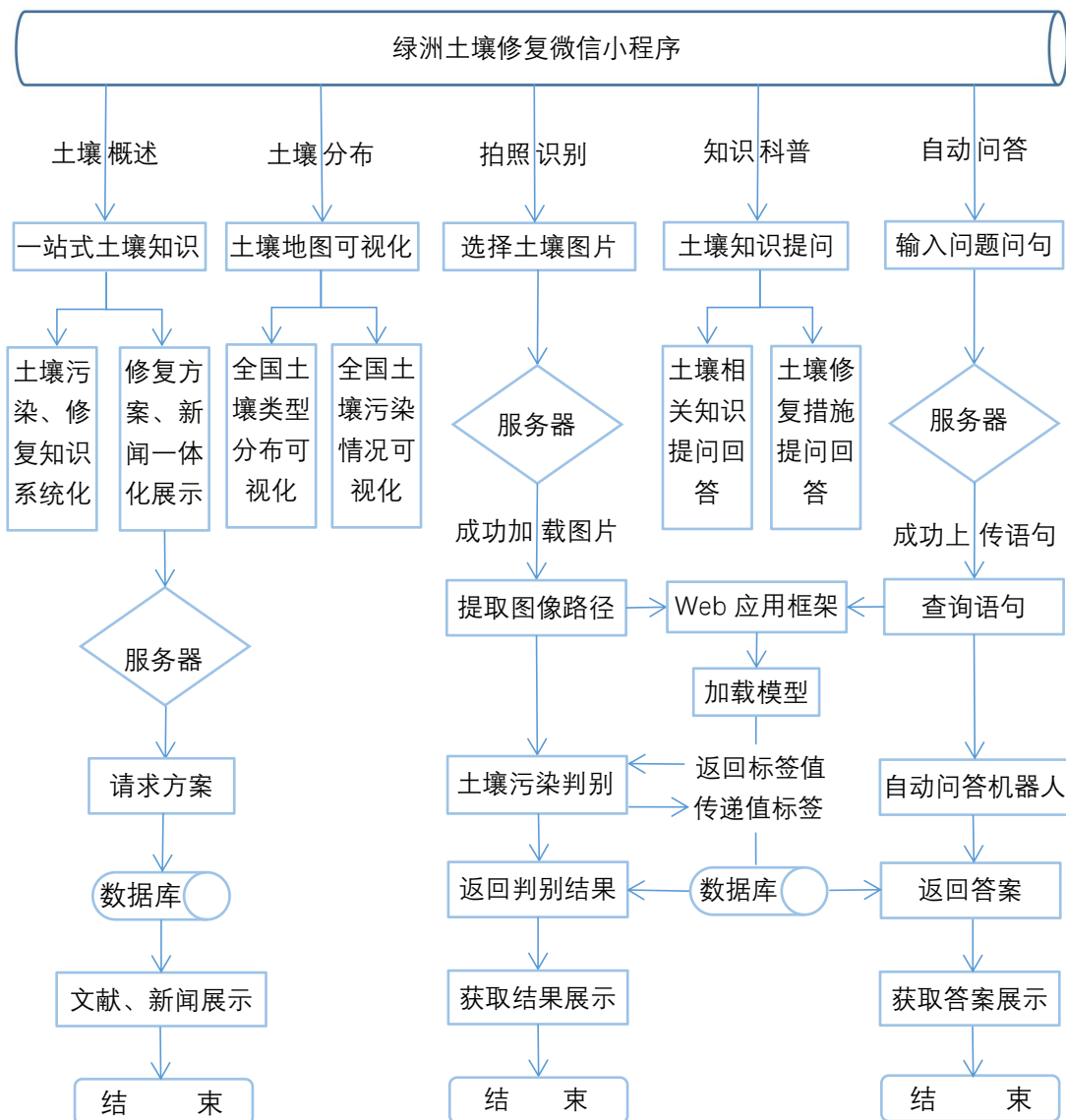
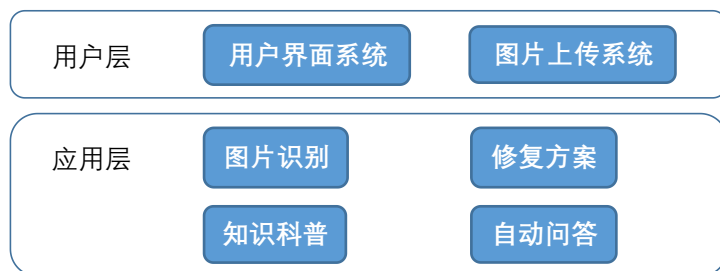


图 2. 功能设计流程图

## 2.3 系统架构

本系统架构从基础设施、数据层、服务层、应用层和用户层五个层次展开。基础设施为本系统的运行提供支持，包括网络、服务器及存储系统等；数据层设置系统配置数据库，并与网络数据链接存储，存储土壤类型、土壤新闻、修复方案等数据信息，为系统提供数据支撑；服务层主要借助训练好的 ResNet 网络，利用 Web 模型和开源的工具实现数据交互；应用层具有土壤图片的在线识别、知识科普、修复方案、自动问答等功能，其中图片识别用于判断上传图片是否受污染，知识科普用于普及土壤小知识，修复方案为用户提供合适的方案，自动问答对用户提出的问题给出对应的答复；用户层则保证了用户与本系统的交互操作，用户可以对自己有困惑的土壤图片进行识别，可以浏览小程序界面来获取自己感兴趣的信息。



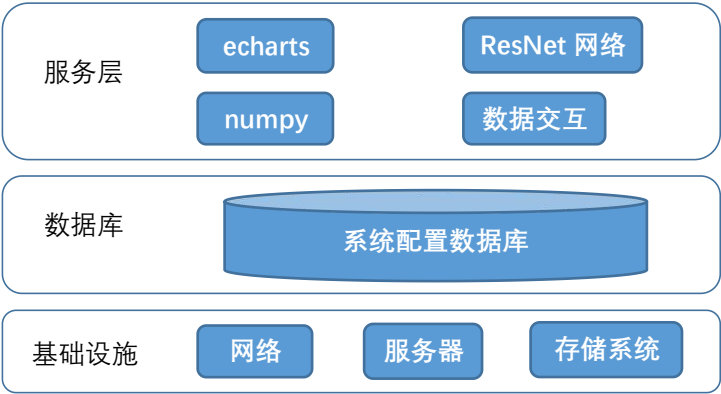


图 3. 系统架构图

## 第三章 详细设计

### 3.1 数据库设计

本项目数据处理流程如图 4 所示，主要来源为百度图片，Python 爬取后经人工清洗，通过组织、分析和标注，构建土壤资源污染与非污染图像库。围绕土壤修复相关知识，抓取土壤修复方向的专业文献及新闻文章，构成土壤污染治理体系，形成了独具南京农业大学农业特色的土壤资源修复多模态知识库。

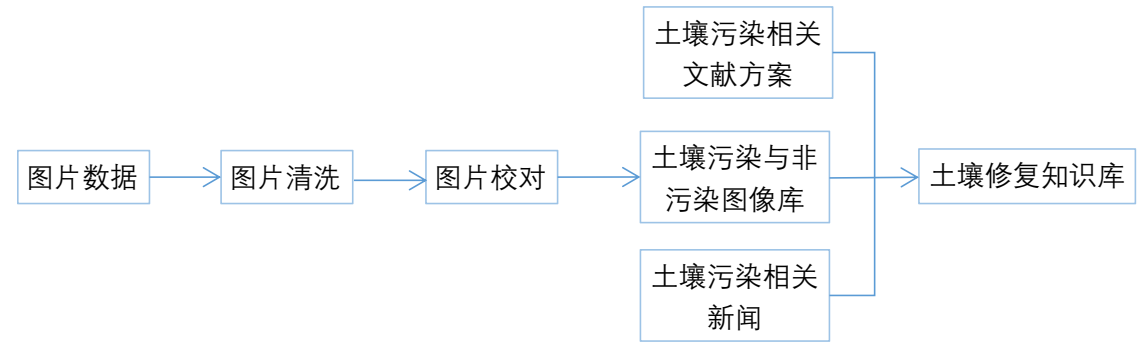


图 4. 数据处理流程

数据存储则主要使用 Python 语言引入 Pymongo 数据库映射器，实现 Python 程序与分布式文件存储数据库系统（MongoDB）的通讯，主要存储土壤修复相关文献与新闻资料。主要存储实体关系三元组信息。E-R 图表示如图 5 所示。

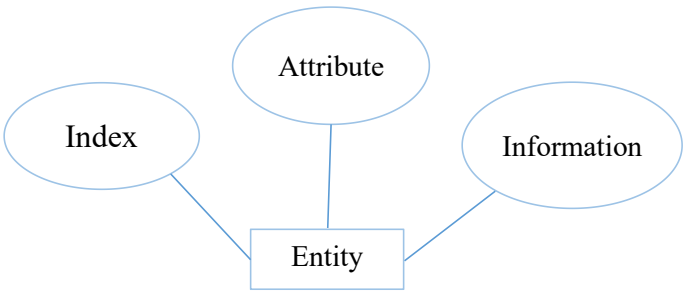


图 5. E-R 图

### 3.2 关键技术

(1) 数据预处理。

我们的研究爬取的大量初始图片、土壤修复文献及新闻是非结构化的信息，部分信息与本项目主题无关，有大量的无关图片及部分无关文献信息，所以在构建土壤资源修复多模态知识库之前，我们进行了人工清洗数据、人工筛选文献信息及图片并进行标注，保证模型训练时的准确性。

(2) 数据增强

针对图像库类别图片数量分布不均及类别数据过小的问题，主要通过两种方式来扩大数据量以提升模型泛化能力和缓解过拟合问题，实验流程如图 6 所示。原始数据集为污染土壤 318 张，良性土壤 118 张，分别通过锐度，对比度调整等图片数据增强手段将数据量扩增至 9 倍，最终数据集 3853 张。

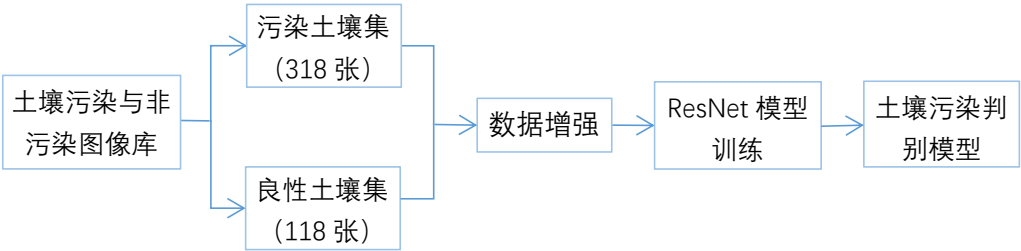


图 6. 模型实现流程

(3) 模型构建与优化

ResNet 网络是参考了 VGG19 网络，在其基础上进行了修改，并通过短路机制加入了残差单元，如图 5 所示。变化主要体现在 ResNet 直接使用 stride = 2 的卷积做下采样，并且用 global average pool 层替换了全连接层。ResNet 的一个重要设计原则是：当 feature map 大小降低一半时，feature map 的数量增加一倍，这保持了网络层的复杂度，也保证了良好的分类性能。

残差网络是由一系列残差块组成的（图 7）。一个残差块可以用表示为： $x_{l+1} = x_l + f(x_l, W_l)$  残差块分成两部分直接映射部分和残差部分。 $H(x_l)$  是直接映射，反应在图 7 中是右边的曲线； $f(x_l, W_l)$  是残差部分，一般由两个或者三个卷积操作构成，即图 7 中左侧包含卷积的部分。

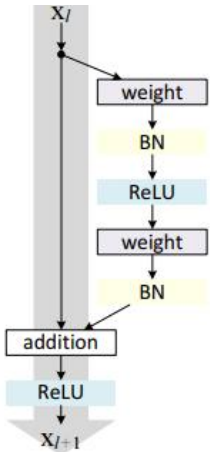


图 7. 残差块



网络采用 ReLU 激活函数，计算形式如下： $f(x)=\max(0, x)$ 。优化算法采用标准梯度下降法来训练神经网络模型以加快模型收敛速度，学习率设置为 0.001。Batchsize 依据实验情况，调节到最优大小。经过多次调参与优化，下表为模型训练结果。

value	precision	recall	F1-score	support
0	0.78	0.61	0.68	206
1	0.87	0.94	0.9	564
accuracy	-	-	0.85	770
macro avg	0.82	0.77	0.79	770
Weighted avg	0.84	0.85	0.84	770

表 2. 模型训练结果

### 3.3 界面设计

本小节将简单介绍小程序主要界面以及以土壤修图片识别为核心的主要使用流程。

#### (1) 首页

打开小程序首页，具体布局如图 8 所示，最上方是小程序 logo 及名称，小程序共五个页面。颜色基调为秋麒麟色（#DAA520），暗海绿（#8AAD84）。小程序 logo 及此页背景为小组成员设计，寓意着土壤治理最终会达到绿洲的场景，土壤的污染清零化，一片生机勃勃的景象。下方是导航栏，涵盖此小程序八大基本功能。再下方则是新闻栏，介绍各省市关于土壤污染及治理的相关政策法规，点开可进入详情页面，新闻页面布局如图 9 所示。此页面的拍照识别功能结果如图 10、11 所示，页面清晰、美观，此页面也是由小组成员多次修改、设计、最终定稿。



图 8. 首页页面布局

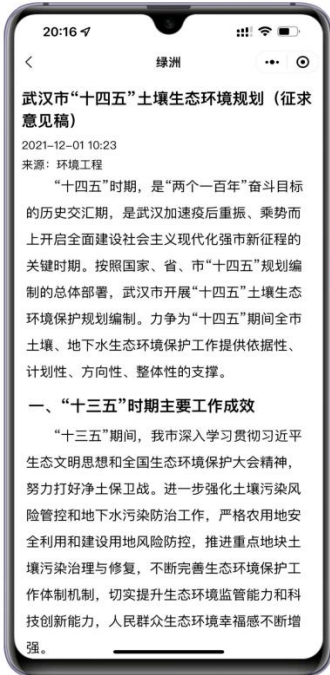


图 9. 新闻详情页面布局





图 10 图片识别



图 11 图片识别结果页面

## (2) 土壤概述页面

此页面整体布局如图 12 所示，有土壤类型、土壤污染、土壤污染危害、土壤修复技术、土壤修复现状、土壤修复方案六栏，便于用户一站式了解土壤基本信息，方便用户查找。其中土壤污染、土壤污染危害、土壤修复技术、土壤修复现状均为介绍性知识，具体页面如图 13 所示。土壤类型中介绍了具体的 19 类土壤，页面布局如图 14 所示，以知识卡片形式存储，点击后的结果如图 15 所示。土壤修复方案则是关于土壤修复的文献，存储于数据库中，其页面及点击后的页面分别如图 16、17 所示。

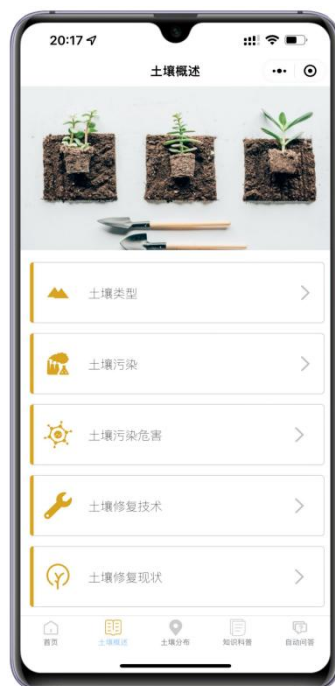


图 12. 土壤概述页面布局

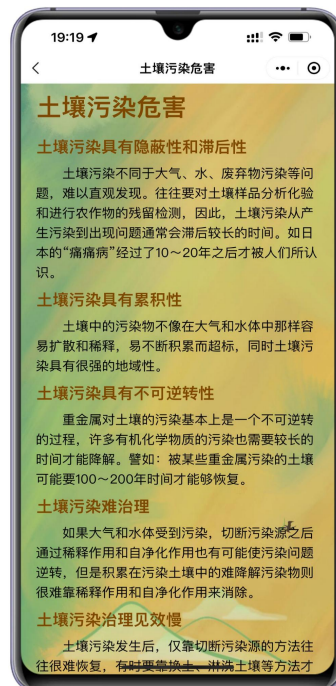


图 13. 土壤概污染等页面布局



图 14. 土壤类型页面布局

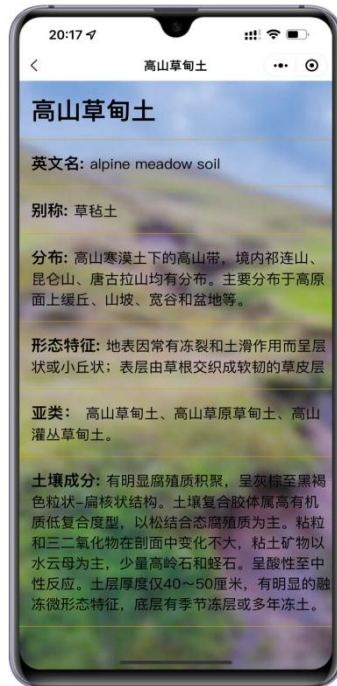


图 15. 土壤知识卡片页面布局



图 16. 土壤修复方案页面布局



图 17. 方案详情页面布局

### (3) 土壤分布页面

土壤分布页面如图 18 所示, 以中国地图形式呈现, 点击可看到某省的主要土壤种类及重金属污染类型, 例如: 云南省土壤种类是砖红壤、赤红壤、黄壤和高山草甸土, 该地存在汞、镉、铜、铅、铬、锌、镍七种重金属污染。



图 18. 土壤修复方案页面布局

#### (4) 知识科普页面

页面如图 19 所示，用于介绍土壤相关冷知识，如土壤肥力的物质基础，土壤的年龄怎么看等问题，点击可展开查看具体信息。修复措施页面也是类似。



图 19. 知识科普页面布局

#### (5) 自动问答页面

自动问答页面如图 20 所示，在聊天栏输入土壤相关问题，如土壤污染物有哪些？自动问答机器人会返回结果。当输入土壤无关信息时，机器人会回复没有搜索到相关内容。



图 20. 自动问答页面布局

## 第四章 测试报告

(1) 运行速度。测试的平均运行速度结果见下表。

绿洲土壤修复小程序识别性能测试				
识别土壤类别	上传并识别图片 upload 路由 响应时间 (单位: s)	服务器保存图片 image 路由 响应时间 (单位: s)	数据库返回数据 Paper/news 路由 响应时间 (单位: s)	总用时 (单位: s)
良性	1. 936	0. 130	0. 108	2. 174
污染	2. 270	0. 133	0. 100	2. 503

表 2. 运行速度测试

- (2) 安全性。本作品安全性高，目前并未发现安全方面问题。
- (3) 扩展性。本系统在手机移动端扩展性好，基与目前数据库，小程序仍可通过知识关联继续增加或完善功能，如增加专家鉴别、扩大识别范围、提升识别准确性等。
- (4) 部署方便性。基于用户规模巨大的微信，用户通过扫描二维码即可使用，快速方便。
- (5) 可用性。根据测试，安卓、IOS、鸿蒙系统环境下，所有功能均可顺畅使用。

## 第五章 安装与使用

使用流程见第三章第三节界面设计。

## 第六章 项目总结

本项目以土壤修复为出发点,针对现有土壤污染严重及管控力度不足等问题,自主构建土壤资源图像库和多模态知识库,通过优化 ResNet 卷积神经网络,构建面向土壤资源的自动识别模型,设计开发土壤修复自动识别小程序,同时结合到爬取的文献数据、新闻数据、及土壤自身知识数据,进行清洗加工,将加工好的信息分类展示到小程序中,完善了小程序的功能,将零散杂乱无章的信息序化、系统化、一站式地展现给公众。本项目对土壤资源保护与修复具有较强的应用价值,对公众了解土壤相关知识有积极意义,同时也能为智能农林提供决策支持和技术支撑。

在项目的实施过程中,我们首先查阅了相关资料,了解到土壤污染的广泛性及严重性、看到各省市接连发布的对土壤修复治理的办法、条例,我们认识到土壤污染的治理是刻不容缓的问题,又由于南京农业大学是农业特色高校,于是我们定题为土壤修复。接着小组三人分工协作,负责小程序架构。一人负责前端设计,借助于微信开发者工具平台,使用 WXML (微信标记语言)、WXSS (微信样式表) 以及 JavaScript 语言进行图形交互界面的设计;一人负责搭建数据库,构建模型并对其优化;另外一人负责爬取数据并连接前后端,使用 Python 语言构建 Web 应用框架 (Flask),用于实现小程序、模型及数据库之间的数据传输。在整个过程中,小组成员均参与数据清洗工作,参与小程序的整体功能设计。

在此过程中,我们遇到不少问题:目前国内关于土壤图像识别的网站或者小程序几乎没有,且存在网站陈旧、更新不及时的问题;爬取的土壤图片数量多但清洗后发现符合要求的极少;关于土地修复治理的专业知识匮乏;对于图像的多模态模型构建不了解,以前只接触过文本处理、命名实体抽取等面向文字的模型。基于此,我们向学校土壤专业的研究生学长咨询了土壤相关问题,我们阅读了农业科学环境学报、土壤学报、水土保持学报、环境学报等土壤专业核心期刊,去图书馆借阅了《土壤污染修复技术研究与应用》一书,对土壤污染、治理等知识有系统化的了解,也便于我们更好的展现给用户;而我们在初次设计小程序后,对页面设计不满意,进行了三次修改,而后,小组成员设计小程序界面背景,修改达 50 余次,自设 logo,最后经过不断改进完成了最终的系统展示。而在此次的软件设计中,小组成员通过这个项目各方面都有了很好的提升,无论是前期数据爬取,还是后期前端的页面设计,后端模型拟合小组成员对深度学习都有了更深刻的了解。

为了能够进一步提高土壤识别的有效性和效率,提升实用性,未来将从以下方面优化小程序:第一,扩充土壤资源图像库,并基于扩充的图像库,不断训练模型以提高模型的性能;第二,优化模型,仍有更多种卷积神经网络比 VGGNet 具备更强大的特征提取能力,未来可以通过多种网络融合来提高模型的识别能力;第三,完善小程序智能问答功能,扩大智能问答模块中数据源,实现模糊匹配算法,更精准的回答用户所提问题。

土壤问题从来都不是小问题,保护好土地才能收获安全丰富的粮食,好的土壤是每一个南农人心中的理想,土壤资源的保护不单单是保护我们,更是为我们的后辈们创造机会。

## 参考文献

- [1] 陈能场, 郑煜基, 何晓峰等. 《全国土壤污染状况调查公报》探析[J]. 农业环境科学学报, 2017, 36 (09): 1689-1692.
- [2] 庞丝丝, 黄呈铖. 基于卷积神经网络的图像分类研究[J]. 现代计算机, 2019 (23): 40-44.