

中国农业大学

硕士学位论文

基于GIS的苹果病虫害管理信息系统的研究与开发

姓名：赵朋

申请学位级别：硕士

专业：农业电气化与自动化

指导教师：李民赞;刘刚

20050301

摘要

我国是一个人口众多的农业大国,受经济相对落后,受灾承受能力较弱、生态基础脆弱等因素的综合影响,使得我国农业易遭受灾害的侵扰。农业灾害发生的频率和造成的损失也逐渐加大。目前我国农业病虫害预报工作中存在着很多问题,总体来说科技含量偏低。提高灾害预报水平,特别是运用信息技术,逐步建立健全的农业病虫害管理信息系统势在必行。

本研究从苹果病虫害管理工作的特点和实际要求出发,设计了一套基于 GIS 技术、人工神经网络技术和 Internet 技术的苹果病虫害管理信息系统,包括苹果病虫害基础数据处理子系统、苹果虫害预测预报子系统和苹果病虫害网络发布子系统。

在基础数据处理子系统中,系统具有获取外部数据和将处理之后的数据以图片、新的 shape 文件和 Pdf 格式文件导出的功能、属性查询、空间查询、数据统计分析、图层编辑、插值分析等功能。测试与应用结果表明:该系统界面友好,功能设置合理,系统运行稳定,能够作为一种工具软件为农业病虫害管理、田间数据分析与精细农业研究提供支持。

在苹果虫害预测预报子系统中,系统具有病虫害图片库维护、病虫害诊断、虫害预测预报功能。将 GIS 技术和人工神经网络技术很好的应用在苹果虫害的预测预报工作中,使得虫害的灾害程度以不同的颜色在电子地图中显示出来,形象直观。并且系统还提供了 1—8 周的短期预测功能。

在病虫害网络发布系统中,系统提供了苹果病害信息查询、苹果虫害信息查询、专题图查询、预测预报结果查询等功能。用户只需通过网络即可查询相关的苹果病虫害的发病症状以及防治方法、各种统计结果和预测预报结果,为用户提供了方便。

在系统的设计开发过程中,使用灵活方便的螺旋式模型便于对系统进行评估、修改与完善。采用通用高级编程语言结合地理信息系统组件即集成二次开发方式,是进行地理信息系统开发的一种比较好的开发方式。

系统中提供的 IDW 插值方法,对落入每一栅格中的采样点数据采取取平均值、最大值和最小值三种处理方法,测试结果表明这一方法的运算结果与 ArcInfo 软件中的 IDW 插值方法十分接近,相关系数为 0.9987,可以满足系统的要求。

人工神经网络具有非线性函数动态处理能力,自组织、自适应和自学习功能,可用作建模处理。运用 BP 网络模型对苹果虫害的发生量进行预测预报,与现有的判别方法相比,具有通用性、客观性和科学性的特点。

运用 MATLAB 神经网络工具箱不需要进行繁琐的编程,它可以高效、准确、快速的建立 BP 网络模型对农作物的病虫害进行预测,同时利用高级编程语言(Vb)设计人机交互界面,完成对 Matlab 的调用,这对农业生产的指导具有很高的应用价值。同时,神经网络模型的建立,提供了一种新的通用性的方法,可应用于不同条件下的预测预报。

利用 ArcIMS 作为地理信息的网络发布平台, 系统的提出了平台搭建的步骤与 Web 应用程序的开发步骤。

对苹果病害的预测预报功能本文由于时间的原因并没有做深入的研究, 可以借鉴利用的 BP 网络模型对苹果虫害的预测预报方法做进一步的研究。

系统在山东省烟台市苹果病虫害管理工作中使用验证。

关键词: 地理信息系统, BP 网络, 农业病虫害, 空间分析

Abstract

Our country is an agricultural country with great people. Since the economy relatively drops behind other developed countries, and the ability to endure the natural calamity is weak adding the instability of the zoology, the agriculture of our country is tend to be infracted by the calamity. The frequency of the agricultural calamity and the loss are increasing. Now there are a lot of questions in forecasting the plant diseases and insect pests in our agriculture, the content of the science and technology is low. Improving the ability to forecasting the plant diseases and insect pests, especially using information technology to set up the right agricultural management information system of the plant diseases and insect pests is imperative under the situation.

According to the characteristic of the apple plant diseases and insect pests management, one apple plant diseases and insect pests management information system is designed based on the GIS technology, Artificial Neural Network (ANN) technology and Internet technology, including apple diseases and insect pests data processing system, apple diseases and insect pests forecasting system and network deployment system.

In the apple plant diseases and insect pests data processing system, It is provided with obtaining exterior data function, outputting data function as a picture or new shape file or a Pdf format file, property inquiry function, spatial inquiry function, data statistic and analysis, editing layer, and Interpolation analysis function. The interface of the system is very friendly. The function is set reasonable, and the system runs stably, so the system can be a good tool software for the plant disease and insect pests management, data analysis in field and precision agriculture research.

In the apple insect pests forecasting system, it is provided with maintaining disease and insect pests picture function, disease and insect pests diagnosis function, insect pests forecasting function. GIS technology and ANN technology are well applied in the apple insect pests forecasting, and which made different degrees of the insect pests is displayed with different colors in the map, simply and visually. The system provides a short period forecasting function from one to eight weeks.

In the apple diseases and insect pests network deployment system, it is provided with apple diseases information query, apple insect pests information query, special map query, and forecasting result query function. The user can only use the IE (Internet Explorer) to query the diseases symptom, prevention and cure methods, all kinds of statistic result and forecasting result, which provides the convenience for the user.

In the system design and develop, flexible and convenient spirality mode is used to evaluate, to amend and to perfect the system. Using universal advanced program language connected with GIS component, that is the integrated second develop mode, is one better develop mode in the GIS develop.

In IDW interpolation method provided in the system, three process methods can be used to

process the sample point's data in the one grid including average, maximum, and minimum. The test result shows that the result from the method is very close to the result from the IDW provided in the ArcInfo software, and their correlation coefficient is 0.9987, which meets with system requirements.

The ANN has nonlinear function dynamic process ability, self-organize, self-adapt, and self-study function, and that can be used to build model. Using three layers Back-Propagation (BP) Network to forecast the amount of the apple pests has universal, object, and scientific characters comparing to the existing diagnose differentiate method.

Using MATLAB Neural Network Toolbox doesn't need complex program, and it can build the BP network model to forecast the plant diseases and insect pests effectively, correctively, and fast. Using the advanced program language (Vb) to design the interface calls Matlab, which has great applied value in agricultural produce guidance. At the same time, establish of the Neural Network model provides a new universal method, which can be used in different forecasting.

Using ArcIMS as the WebGIS deployment platform, the author brings forward the platform install steps and the detailed Web application develop process.

The author don't study the method of apple diseases forecasting because of time, and the BP Network model can be used for reference to forecast the apple insect pests in the further study.

The system is validated in the apple diseases and insect pests management at ShanDong Province YanTai city.

Keywords: GIS, Back-Propagation (BP) Network, plant diseases and insect pests, spatial analysis

独创性声明

本人声明所呈交的论文是我个人在导师指导下(或我个人……)进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知,除了文中特别加以标注和致谢的地方外,论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果,也不包含为获得中国农业大学或其它教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

研究生签名:

赵朋

时间: 2005 年 3 月 22 日

关于论文使用授权的说明

本人完全了解中国农业大学大学有关保留、使用学位论文的规定,即:学校有权保留送交论文的复印件和磁盘,允许论文被查阅和借阅;学校可以用不同方式在不同媒体上发表、传播学位论文的全部或部分内容,可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文。

(保密的学位论文在解密后应遵守此协议)

研究生签名:

赵朋

时间: 2005 年 3 月 22 日

导师签名:

李民赞

时间: 2005 年 3 月 22 日

第一章 研究概述

1.1 研究意义与研究背景

1.1.1 研究的意义

我国是一个地域广阔、地理条件复杂、人口众多的农业大国,受经济相对落后,受灾承受能力较弱、生态基础脆弱等因素的综合影响,使得我国农业易遭受灾害的侵扰。农业灾害发生的频率和造成的损失也逐渐加大。因此做好病虫害预测预报是非常必要的。所谓“病虫害预测预报”就是根据病虫害发展规律以及作物的物候、气象预报等资料,进行全面的分析,作出未来的发生期、发生量、危害程度等估计,预测病虫害未来的发生动态,并及时向有关领导部门、植物保护部门、生产人员提供病虫害情况报告^[1]。它使得病虫害防治工作可以有目的、有计划、有重点的进行,从而保证农业经济的持续、高效的发展^[2,3]。目前我国农业病虫害预报工作中存在着很多问题,总体来说科技含量偏低。提高灾害预报水平,特别是运用信息技术,逐步建立健全的农业病虫害管理信息系统势在必行^[4]。

农业病虫害管理信息系统是一个由人和计算机组成的人机交互式系统,能进行农业病虫害监测信息、地面灾害调查信息及横向信息的收集、传递、存储,并能加工和提取与农业灾情评估相关的信息,建立模型,实现病虫害的预报功能,帮助职能部门进行管理和决策。本研究选择了烟台苹果病虫害作为研究对象,烟台果树病虫害的种类较多,发生范围较广,每年因病虫害危害,使苹果生产遭受了巨大损失。一般年份经济损失约占果品收入的 10%以上,每年防治病虫害的直接或间接投入,约占果园总投入的 40%左右^[5]。

目前,防治果树病虫害的主要的方法是化学防治。根据 1996 年对山东省的 200 多个果园进行问卷调查,每个果园平均喷药 14 次,年平均每公顷用药花费达 3675 元。重发年防治次数达 23 次之多,每公顷的用药花费超过 8000 元^[6]。由于缺乏对病虫害的发生发展规律的了解,形成了定期喷药的习惯,抓不住病虫害防治的关键时期,造成了药剂的浪费和环境的污染,果农的负担加重,经济效益下降,果农迫切需要病虫害预防与防治方面的指导。

苹果病虫害的发生具有很强的地域性,一般先以斑块状出现,然后迅速向周围蔓延。病虫害的严重程度及其空间分布适合于用 GIS 的空间分布图来表达,并可实现空间分析、专家诊断、预测预报等,通过 Internet 向基层管理部门或用户发布相关病虫害分布信息,让其了解病虫害发生情况、流行趋势,为其提供防治方法。

本研究根据烟台病虫害发生发展规律以及作物的物候、气象预报等资料,进行全面分析,作出其未来的发生量的估计,预测病虫害未来的发生动态,结合 GIS 技术、人工神经网络技术和 Internet 技术形象、直观、准确的向有关管理者、植物保护部门提供灾情报告,使病虫害防治工作得以有目的、有计划、有重点的进行,经济有效地压低受灾程度,保证农业经济持续、高效的发展。

1.1.2 研究背景

随着信息技术的发展,地理信息系统(Geographic Information System,简称GIS)已经成为一门单独的、成熟的技术,它是以计算机为基础的新兴技术,主要用于存储和处理并分析管理地理空间分布有关的海量数据。20世纪80年代我国开展了GIS的研究和实验性的应用。进入90年代后,包括农业在内的很多行业开始了实质性的应用和开发^[6],但是将GIS技术应用于农业病虫害的预测方面在国内还很少有类似的系统出现。

在农业病虫害预测方面,传统的方法主要有数学模型法、综合分析法和数理统计模型法等,数学模型法试图用定量化的方法来严格描述问题,但是由于预测问题的信息不安全和不确定性,因此,这种方法会丢失很多有用的信息。综合分析法和数理统计模型法的知识来源于观察,这两种方法均属于知识的表层表达方式。但是经验往往都很难描述出来,因此有其局限性。

农业病虫害预测所获取的信息是不完整和不确定的,而且问题本身的规律也难以用数学模型来表达,其不断出现的信息也难以用经验来确定,但这些难题恰恰适合用神经网络来解决。目前苹果病虫害预报总的研究仍远远落后与发生期的预测。这是由于影响病虫害的因素较多及其不确定性所致,因而采用人工神经网络中的三层BP网络预测病害发生程度可以有有效的刻画其具有的不确定、多输入、复杂的非线性特征。目前将GIS技术和人工神经网络技术相结合应用于病虫害预测预报方面的报道还很少。如何将GIS技术以及人工神经网络技术应用于果树病虫害管理中,是本研究所要解决的问题。

本文就是在这种技术背景下,应用地理信息系统(GIS)和人工神经网络技术,结合国家高新技术研究发展计划(863计划)项目:农业病虫害网络化远程诊断技术研究与示范项目,对以上问题作了较深入的研究。

1.1.3 研究目标、内容和功能结构图

研究目标:

开发一个基于GIS技术、人工神经网络技术和Internet技术的苹果病虫害信息管理系统。

1. 用于管理果园病虫害基本信息;
2. 分析果园病虫害数据,完成病虫害的诊断和预测;
3. 要具有友好、简明的中文界面;
4. 符合用户的思维方式与使用习惯。

研究主要内容:

- 1、按照现代软件工程的思想,研究并确定系统的开发模型和开发方式,设计并提出合理的开发方案;
- 2、空间数据库和属性数据库的建立;
- 3、空间插值分析;

- 4、空间数据的融合、求交集、裁减等操作；
- 5、各种专题图和曲线统计图的制作；
- 6、病虫害诊断；
- 7、病虫害的预测预报；
- 8、网络发布功能。

系统功能结构图

基于 GIS 的苹果病虫害管理信息系统的功能结构化分如图 1-1 所示：

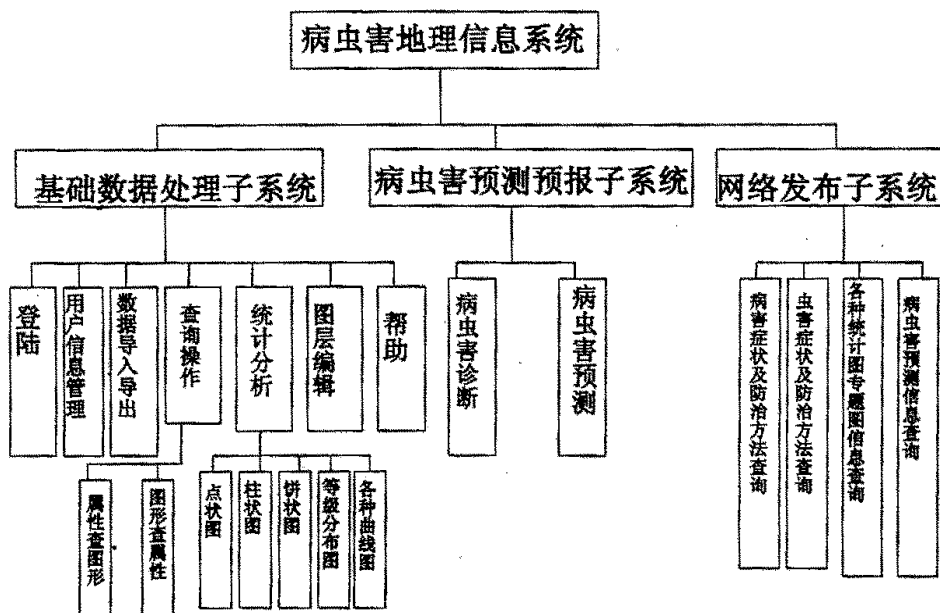


图 1-1 系统功能结构图

1.2 研究综述

1.2.1 地理信息系统的发展状况

1. 国际发展状况

地理信息系统的存在与发展已历经 40 余年。用户的需要、技术的进步、应用方法论的提高，以及有关组织的建立等因素，深深的影响着地理信息系统的发展，纵观 GIS 发展，尤其是北美地区的实际情况，可将地理信息系统发展分为以下几个阶段：

20 世纪 60 年代为地理信息系统开拓期，注重于空间数据的地学处理。许多大学研制了一些基于栅格系统的软件包，如哈佛的 SYMAP、马里兰大学的 MANS 等^[7]。综合来看，初期地理信息系统发展的动力来自于诸多方面。如学术探讨、新技术应用、大量空间数据处理的生产需求等。对于这个时期地理信息系统来说，专家兴趣以及政府的推动起着积极的引导作用，并且大多地理信

息系统工作限于政府及大学的范畴，国际交往很少。

70 年代为地理信息系统的巩固发展期，注重于空间地理信息的管理，地理信息系统的真正发展应是 70 年代的事情。这种发展应归结于以下几个方面的原因：一是资源开发、利用乃至环境保护问题成为政府首要解决的难题。而这些都是需要一种能有效地分析、处理空间信息的技术方法与系统。二是计算机技术迅速发展，数据处理加快，内存容量增大，超小型、多用户系统的出现。尤其是计算机硬件价格下降，使得政府部门、学校以及科研机构、私营公司也能够配置计算机系统；在软件方面，第一套关系数据库管理系统问世，新型的地理信息系统软件不断出现。第三，专业化人才和机构不断增加，许多大学开始提供地理信息系统培训，一些商业性的咨询服务公司开始从事地理信息系统工作，如美国环境系统研究所(ESRI)成立于 1969 年。这个时期地理信息系统发展的总体特点是：地理信息系统在继承 60 年代技术基础之上，充分利用了新的计算机技术，但系统的数据分析能力仍然很弱，地理信息系统技术方面未有新的突破；系统的应用与开发多限于某个机构；专家个人的影响削弱，而政府影响增强。

80 年代为地理信息系统大发展时期，注重于空间决策支持分析。地理信息系统的应用领域迅速扩大，从资源管理、环境规划到应急反应，从商业服务区域划分到政治选举分区等，涉及到了许多的学科与领域，如古人类学、景观生态规划，启动了若干科研项目，建立了一些政府性、学术性机构。如中国于 1985 年成立了资源与环境信息系统国家重点实验室，美国于 1987 年成立了国家地理信息与分析中心(NGIA)，英国于 1987 年成立了地理信息协会，同时，商业性的咨询公司，软件制造商大量涌现，并提供系列专业性服务。这个时期地理信息系统发展最显著的特点是商业化实用系统进入市场。

90 年代以来为地理信息系统的用户时代。一方面，地理信息系统已成为许多机构必备的工作系统，尤其是政府决策部门在一定程度上由于受地理信息系统影响而改变了现有机构的运行方式、设置与工作计划等。另一方面，社会对地理信息系统认识普遍提高，需求大幅度增加，从而导致地理信息系统应用的扩大与深化。国家级乃至全球性的地理信息系统已成为公众关注的问题。

2. 国内发展状况

我国地理信息系统方面的工作自 20 世纪 80 年代初开始^[7]，以 1980 年中国科学院遥感应用研究所成立全国第一个地理信息系统研究室为标志。在几年的起步发展阶段中，我国地理信息系统在理论探索、硬件配置、软件研制、规范制定、区域实验研究、局部系统建立、初步应用试验和技术队伍培养等方面都取得了进步。积累了经验，为在全国范围内展开地理信息系统的研究和应用奠定了基础。

地理信息系统进入发展是从第七个五年计划开始的，从此，地理信息系统研究作为政府行为，正式列入国家科技攻关计划。开始了有计划、有组织、有目标的科学研究、应用试验和工程建设工作。许多部门同时开展了地理信息系统研究和建设、城市地理信息系统、地理系统基础软件或专题应用软件的研制和地理信息系统教育培训。通过近五年的努力，在地理信息系统技术上的应用开创了新的局面，并在全国性应用、区域管理、规划和决策中取得了实际的效益。

自 90 年代起，地理信息系统步入快速发展阶段。制定地理信息系统和遥感联合科技攻关计划，强调地理信息系统的实用化、集成化和工程化。力图使地理信息系统从初步发展时期的研究试验、局部实用走向实用化和生产化。为国民经济重大问题提供分析和决策依据。努力实现基础

数据库的建设,推进国产软件系统的实用化、遥感和地理信息系统技术一体化。在地理信息系统的区域工作中心上,出现了“东移”和“进城”的趋势,促进了地理信息系统在经济相对发达、技术力量比较雄厚、用户需求更为急迫的地区和城市首先实用化。这期间 GIS 的各类应用专题研究在诸多领域中广泛开展并取得重大成果。如农业资源利用决策研究应用、灾害预警与损失评估、资源环境评价与保护、城市规划与管理等领域。

3. 地理信息系统的发展趋势

近年来地理信息系统技术发展迅速。其主要的原动力来自日益广泛的应用领域对地理信息系统不断提高的要求。另一方面,计算机科学的飞速发展为地理信息系统提供了先进的工具和手段,许多计算机领域的新技术,如面向对象技术、三维技术、图像处理和人工智能技术都可以直接应用到地理信息系统中。地理信息系统的蓬勃发展,蔚然成为信息产业的重要组成。逐步形成跨学科的多层次、多功能的区域综合与空间分析工具。随着各类应用技术的发展,特别是计算机技术领域的发展,21 世纪的 GIS 将会朝着标准化、多维化、可视化、智能化、集成化、全球化、平台网络化、民用微型化、社会化的方向发展。

1.2.2 GIS 在农业病虫害信息管理中的应用概述

农业病虫害都有其自身发展的时间和空间。对突发病虫害的预报,其时间和空间范围都很重要;对于缓慢持久恶化的病虫害,时间属性的重要性退居其次,但其空间分布仍然具有重要的意义。^[9]GIS 是采集、管理、处理、分析、显示、输出多种来源的与地理空间位置相关信息的计算机系统。随着 GIS 与 RS(遥感)、GPS(全球卫星定位系统)相结合的“3S”集成以及计算机互联网的迅速发展, GIS 在农业病虫害管理信息系统中可以发挥更重要的作用。GIS 应用与农业病虫害管理信息系统有以下特点:

1. 建立病虫害数据库

农业病虫害都有其孕育、发生、发展、转化的时间与空间,病虫害发生的环境背景信息对于灾害预报、评价和防灾减灾决策也很重要。因此,地理空间信息在农业病虫害管理中占有非常重要的地位。农业病虫害管理信息系统在 GIS 的支持下,结合农业病虫害数据类型可建立多种地理空间数据库和属性数据库。

2. 图形显示的直观性和形象性

专题图不仅是一种重要的研究手段,同时也能有效而直观的反映研究成果。在数据库基础上, GIS 可将各种数据或分析成果以专题图的形式直观而有效的显示,并可进行人机交互式地设计、修改、输出。GIS 的这些功能,大大提高了农业病虫害的直观性和形象性,减少了病虫害防治决策的盲目性。

3. 空间分析功能

GIS 的空间分析功能是 GIS 区别于其他计算机系统的主要标志。农业病虫害管理信息系统涉及 GIS 多种空间分析功能,它们与各种专业模型结合起来发挥作用。在事先准备好的农业病虫害灾情背景数据库的支撑和 GIS 众多的空间分析工具以及各种模型库的

支持下,为实现详细、迅速的农业病虫害分析创造了条件。

4. 多源信息的集成

农业病虫害管理信息系统中的数据是多源数据。有不同时期、不同精度、不同比例尺、不同数据源、不同格式的数据。借助于 GIS 将不同来源的数据有机地集成在一起,可以以多尺度、多方式反映农业病虫害灾情和背景信息。

1.2.3 人工神经网络在农业中的应用

1. 人工神经网络在农业生产技术管理与持续农业中的应用

神经网络用于无土栽培中水培液的养分、水分、pH 值的优化控制以及温室二氧化碳浓度的最优控制^[27]。Elizondo 等输入每天气温、光照周期、播后天数或开花天数来预测大豆开花和生理成熟期^[28]。Major D J. 等对几种方法进行比较后认为神经网络在将日期、气温、降雨量作为网络的输入后能很好的预测小麦播种期^[29]。

2. 人工神经网络在蔬菜、果实和生产预测中的应用

Bochereau 等建立了神经网络模型,利用苹果汁的近红谱折射系数(RI)与人们对苹果味觉质量的相关关系来预测苹果的味觉质量^[30]。Midmore P 对英国山羊肉的生产与销售预测时,采用了神经网络的 BP 算法,该方法与经济学中的线性计量经济学方法相比预测能力要好^[31]。Sembokuya Y 等在分析蔬菜、水果需求结构的基础上利用神经网络来预测它们的市场销售状况^[32]。采用 BP 神经网络对茶叶年产量的变化规律进行预测,并将预测结果与采用灰色系统方法预测的结果进行比较分析,表明神经网络方法优于灰色系统方法^[33]。

3. 人工神经网络在蔬菜、果实、谷物的分级和鉴定中的应用

Yang Q 等将光照射苹果表面所得到的表面曲率特征(曲率、曲线平均长度)与苹果的外部形态特征(表面积、亮度等)作为神经网络的输入,从而区分苹果表面的伤痕与正常的凹凸,取得了很好的效果^[34]。Molto E. 等通过计算机获取的图像特征,利用两个神经网络来进行分类,一个将甘薯胚芽的边缘与两极和中心的协调度作为输入,从而进行分类,并与基于线性的差别分析(LDA)方法进行比较,证明神经网络方法更优越^[35]。利用类似的方法对盆栽植物进行分类^[36]。Chen Y R 等根据小麦的近红外线散射反射光谱对小麦的不同反应,利用神经网络进行分类,将硬粒小麦分为春性小麦和冬性小麦,分类准确率达 96.8%~97.0%^[37]。

4. 在其它方面的应用

文新辉等分析了影响昆虫种群密度的主要因素,提出了广义时间序列模型,利用人工神经网络预测棉田害虫烟蓟马^[39]。同时,神经网络的 BP 算法也被应用于水稻的病虫害发生情况的预测预报^{[39][40]}。蔡煜东等运用 T. Kononen 自组织人工神经网络模型系统观察甜橙新梢萌芽(始花)的时期及有关天气资料,建立了柑桔溃疡病始见期预测的计算机智能专家系统,准确率较高^[41]。

Hepner G. F. 等曾经用神经网络的 BP 算法对卫星遥感获取的数据进行土地覆盖分类^[42],蔡煜东等建立了遥感土地覆盖类型识别的自组织神经树模型,对土地覆盖类型进行识别,效果较好^[43],并运用三维 T. Kohonen 自组织人工神经网络,对黑龙江省松花江地区的土壤类型进行分析和分类^[44]。同时神经网络还被用于自然资源规划和管理以及落叶阔叶林产量的预测^{[45][46]}。

随着神经网络硬件和软件不断发展,各种算法的不断出现,神经网络正不断地与传统的分析

方法结合起来,如计算机图像分析、回归分析、模糊数学、灰色系统、遗传算法、专家系统等,建立了模糊神经网络、灰色神经网络、人工神经网络专家系统等等。随着计算机技术在农业领域的不断渗透,神经网络必将在解决农业非线性问题中的分类、预测等做出更大的贡献。

第二章 GIS 系统设计基础

地理信息系统根据其内容可分为两大基本类型：一是应用型地理信息系统，以某一专业、领域或工作为主要内容，包括专题地理信息系统和区域综合地理信息系统；二是工具型地理信息系统，也就是GIS工具软件包，如ArcInfo等，具有空间数据输入、存储、处理、分析和输出等GIS基本功能。随着地理信息系统应用领域的扩展，应用型GIS的开发工作日益重要。如何针对不同的应用目标，高效地开发出既合乎需要又具有方便美观丰富的界面形式的地理信息系统，是GIS开发者非常关心的问题。

2.1 应用型 GIS 系统开发方式

应用型GIS开发有以下几种开发方式^[10]

2.1.1 独立开发方式

指不依赖于任何GIS工具软件，从空间数据的采集、编辑到数据的处理分析及结果输出，所有的算法都由开发者独立设计，然后选用某种程序设计语言，如Visual C++、Delphi等，在一定的操作系统平台上编程实现。这种方式的好处在于无须依赖任何商业GIS工具软件，减少了开发成本，但一方面对于大多数开发者来说，能力、时间、财力方面的限制使其开发出来的产品很难在功能上与商业化GIS工具软件相比，而且在购买GIS工具软件上省下的钱可能还抵不上开发者在开发过程中绞尽脑汁所花的代价。

2.1.2 纯二次开发方式

指完全借助于GIS工具软件提供的开发语言进行应用系统开发。GIS工具软件大多提供了可供用户进行二次开发的宏语言，如ESRI的ArcView提供了Avenue语言，MapInfo公司研制的MapInfo Professional提供了MapBasic语言等等。用户可以利用这些宏语言，以原GIS工具软件为开发平台，开发出自己的针对不同应用对象的应用程序。这种方式省时省心，但进行二次开发的宏语言，作为编程语言功能极弱，用它们来开发应用程序仍然不尽如人意。

2.1.3 集成二次开发方式

集成二次开发是指利用专业的GIS工具软件，如ArcView、ArcInfo等，实现GIS的基本功能，以通用软件开发工具尤其是可视化开发工具，如Delphi、Visual C++、Visual Basic、Power Builder

等为开发平台, 进行二者的集成开发。

集成二次开发目前主要有两种方式:

1. OLE/DDE

采用 OLE Automation 技术或利用 DDE 技术, 用软件开发工具开发前台可执行应用程序, 以 OLE 自动化方式或 DDE 方式启动 GIS 工具软件在后台执行, 利用回调技术动态获取其返回信息, 实现应用程序中的地理信息处理功能;

2. GIS 控件

利用 GIS 工具软件生产厂家提供的建立在 OCX 技术基础上的 GIS 功能控件, 如 ESRI 的 ArcObject、MapInfo 公司的 MapX 等, 在 VB 等编程工具编制的应用程序中, 直接将 GIS 功能嵌入其中, 实现地理信息系统的各种功能。

2.1.4 三种实现方式的分析与比较

由于独立开发难度太大, 单纯二次开发受 GIS 工具提供的编程语言的限制差强人意; 因此结合 GIS 工具软件与当今可视化开发语言的集成二次开发方式就成为 GIS 应用开发的主流。它的优点是既可以充分利用 GIS 工具软件对空间数据库的管理、分析功能, 又可以利用其它可视化开发语言具有的高效、方便等编程优点, 集二者之所长, 不仅能大大提高应用系统的开发效率, 而且使用可视化软件开发工具开发出来的应用程序具有更好的外观效果, 更强大的数据库功能, 而且可靠性好、易于移植、便于维护。尤其是使用 OCX 技术利用 GIS 功能组件进行集成开发, 更能表现出这些优势。

由于上述优点, 集成二次开发正成为应用 GIS 开发的主流方向。这种方法唯一的缺点是前期投入比较大, 需要同时购买 GIS 工具软件和可视化编程软件, 但“工欲善其事, 必先利其器”, 这种投资值得。

目前许多软件公司都开发了很多 ActiveX 控件, 合理选择和运用现成的控件, 减少了开发者的编程工作量, 使开发者避开某些应用的具体编程, 直接调用控件, 实现这些具体应用, 不仅可以缩短程序开发周期, 使编程过程更简洁, 用户界面更友好, 可以使程序更加灵活、简便。

2.2 WebGIS 实现技术方案

WebGIS 是 GIS 和 Internet 的结合物, 其技术发展是 GIS 技术与 Internet 技术融合的过程。而传统的 GIS 技术与 Internet 技术之间, 从开发技术到实现手段的重合点甚少。GIS 以海量空间数据处理为显著特点, 而 Internet 技术并不具备这方面的优势; Internet 技术以异地多用户信息共享著称, 而以往 GIS 是本地单机操作。WebGIS 发展至今, 已经初具规模。随着技术的发展, 特别是 Internet 技术的迅速发展, WebGIS 实现技术也会有新发展。

目前有多种 WebGIS 实现技术^{[1][12][13][14][15][16][17][18]}, 较常用的有通用网关技术(Common Gateway Interface, CGI)、服务器应用程序接口(Server API)、动态服务器网页(Active Server Pages, ASP)、插件(Plug-ins)、客户端控件(ActiveX Control)和 Java。

2.2.1 CGI (Common Gateway Interface) 技术

CGI 方法是最初 WebGIS 实现技术解决方案。CGI 是一个用于 Web 服务器和客户端浏览器之间的特定标准,允许用户通过网页的命令来启动一个存在于网页服务器主机的程序(称为 CGI 程序),并且接收到这个程序的输出结果。CGI 是对 Web 服务器的扩充,服务器将请求传递给后端的 GIS 软件, GIS 软件按照要求产生一幅数字图像,传回远程用户。实际上,由于设计的原因,大多数 GIS 软件不能直接作为 CGI 程序连接到 Web 上。

2.2.2 服务器应用程序接口 (Server API) 技术

Server API 方法类似于 CGI,但更有效。原来的 CGI 程序被封装成共享库(如 Windows 环境下的 DLL 和 Unix 环境下的共享对象 SO)的应用函数代替。Server API 包括微软的 ISAPI 和 Netscape 的 NSAPI。这些共享对象一般只加载一次,之后就像 Web 服务器组件一样地工作,故而 Server API 启动后会一直处于运行状态,其速度较 CGI 快。但 Server API 往往依附于特定的 Web 服务器,其可移植性较差。

2.2.3 动态服务器网页 (Active Server Pages, ASP) 技术

ASP 是微软开发的一套服务器端脚本环境,通过 ASP 可以结合 HTML 网页、ASP 指令和 ActiveX 控件建立动态、交互且高效的 Web 服务器程序。ASP 是服务器端的程序,当从客户端接到调用后缀为“asp”文件请求时,Web 服务器在服务器端解释该文件,并生成一个 HTML 页,最终把该 HTML 文件传回至客户端。ASP 解决了 CGI 接口对象化的难题,可以自动解析收集来自网页的数据。而且它具有访问数据库的功能,还能够和其他在 Web 服务器上的应用程序通信。CGI 程序能做的所有事情,ASP 都能做到。也因为 ASP 的处理器在 Web 服务器上运行,这样就具有 NSAPI 和 ISAPI 等动态库解决方案的速度优势。但 ASP 只能在微软的 IIS Web 服务器上运行,其可移植性较差。

2.2.4 插件 (Plug-ins) 技术和客户端控件 (ActiveX Control) 技术

Plug-ins 方法和 ActiveX Control 方法可以实现客户端操作矢量格式空间数据。Plug-ins 方法利用浏览器插件来扩充其功能,使之能够解释矢量格式空间数据。ActiveX 是在微软公司 OLE 技术基础上发展起来的 Internet 新技术,其基础是 DCOM(Distributed Component Object Model)。它是一个支持分布式网络环境中,不同计算机上组件与客户之间,或组件与对象之间的交互的技术标准。基于这种标准开发出来的构件称为 ActiveX Control,它可以被嵌入到 HTML 文件中,在 Internet 上运行。利用这种方法开发处理矢量格式空间数据的客户端控件。这两种实现技术都采用本地代码,因而速度快。但是插件需要在客户端下载、安装,不仅不方便,而且还存在版本更新的问题。此外 ActiveX Control 只能运行在 Windows 平台上,可移植性差;并且由于可以进行磁盘操作,其安全性较差。

以上几种实现技术,无论是在服务器端还是在客户端处理矢量格式空间数据,都或多或少地存在这一些无法避免的弊端。

2.2.5 Java 技术^[16]

Java 语言是一种跨平台的纯粹面向对象的语言,具有简单、可移植性、安全性、动态性、分布式、高性能、多线程等优点。Java 语言采用虚拟机技术,具有目标代码级与平台无关性的特性。Java 语言具有支持网络模式下数据分布与计算分布的特性,它通过 URL 对象方式访问具有 URL 的数据对象实现数据分布,通过下载 Applet(Java 的小应用程序)到客户端实现计算分布。Java 实现技术等操作可全部在服务器上,或部分在服务器上、部分在客户机上运行。Java 技术的诸多特点使它成为 WebGIS 的理想开发语言。无论对于服务器处理矢量格式空间数据还是客户端处理矢量格式空间数据的要求,Java 技术均可满足。

2.3 本研究所涉及到的 GIS 软件

2.3.1 ArcObjects 组件

软件重用是业界追求的目标,人们一直希望能够像搭积木一样随意地“装配”应用程序;组件对象就充当了积木的角色。所谓组件对象,实际上就是预先定义好的、能完成一定功能的服务或接口。Microsoft's Component Object Model (组件对象模型,简称 COM)是组件对象之间互相接口的规范。凡是遵循 COM 接口规范的对象彼此之间能相互通信和交互,即使这些对象是由不同的厂商用不同的语言编写,在不同的 Windows 版本甚至在不同的机器上建立。

ArcObjects 是 Esri 的 ArcGIS 系列应用程序的开发平台^[19]。该 COM (Component Object Model,COM) 组件展现了在 ArcGIS 中可以利用的全部 GIS 功能。ArcObjects 是一个允许软件开发人员从其他组件创建制定域组件的框架。ArcObjects 组件和大多数 GIS 应用程序一样,用于数据管理功能服务和地图表现功能服务。ArcObjects 为定制应用程序提供了基本的框架。

ArcObjects 不同于一般的 COM 组件,它不能脱离 ArcGIS 的软件环境而单独存在,也就是说在操作系统中必须安装 ArcGIS 平台,才能在开发环境中使用 ArcObjects 组件。不过 2004 年 11 月份 Esri 公司刚推出了 ArcEngine,它本质上是 ArcObjects 的重新打包然后以单独的软件发布出来,ArcEngine 可以完全脱离 ArcGIS 平台。

ArcObjects 的功能

通过 AO 可完成的 GIS 功能包括:空间数据的显示、查询检索、编辑和分析;创建各种专题图和统计报表;高级的制图和输出功能;空间数据管理和维护等等。现在绝大部分时候要做的就是利用 ESRI 提供的这些 AO 组件来进行积木式的组装任务。AO 已经提供了许多底层的基本功能,而开发者的任务是按照应用需求将这些底层功能组装集成成一个更强大的 COM 对象。AO 是基于微软的 COM 技术来构建的,因此它的开放性和扩展性很强大。这儿的开放性是指在开发

环境的选择上可以有 VBA、VB、VC++、DEPHI 等多种支持 COM 标准的开发工具，而扩展性是指 AO 组件没有提供的功能，如需要定义一种新的数据格式，开发者就可以利用 COM 技术来写自己的 COM 组件，对 AO 组件库进行扩展补充。由于采用了 COM 技术，因此不但可以在 AO 的基础上构造自己的 COM 组件，而且可以自己来完成一个 COM 组件来对 AO 进行补充。

对象模型图(Object Model Diagrams, OMD)

ArcGIS 随机帮助文档中提供的一些对象模型图显示了 ArcObjects 库是如何组织在一起的^[22]。对于程序员写代码，这些图是非常有效的工具。特别是它显示了如何使用特定的类(如对象必须全新的创建还是能从已有的对象获取)，类之间又是如何联系的(例如地图有许多层组成)。从概念上讲，只有一种 ArcObject 对象模型。所有的 ArcObject 类都定义在了一个类库中(esriCor.olb)，且每个 ArcObject 类都与其它 ArcObjects 相联系。对象模型图在以下几个方面很有用：

- 1) 完成工作时需要用到那些对象；
- 2) 如何引用这个类的一个对象；
- 3) 是否能建立一个基于这个类的新的实例；
- 4) 接口上有哪些方法和属性；
- 5) 接口上是否有隐藏的方法和属性；
- 6) 是否有其它类支持这个接口。

在 ArcGIS 开发文档中可以找到多个(20 个以上)对象模型图，这些图按对象的逻辑组进行组织，如地图层、输出(打印和输出)、IMS 和标注等。图 2-1 为图层对象模型图

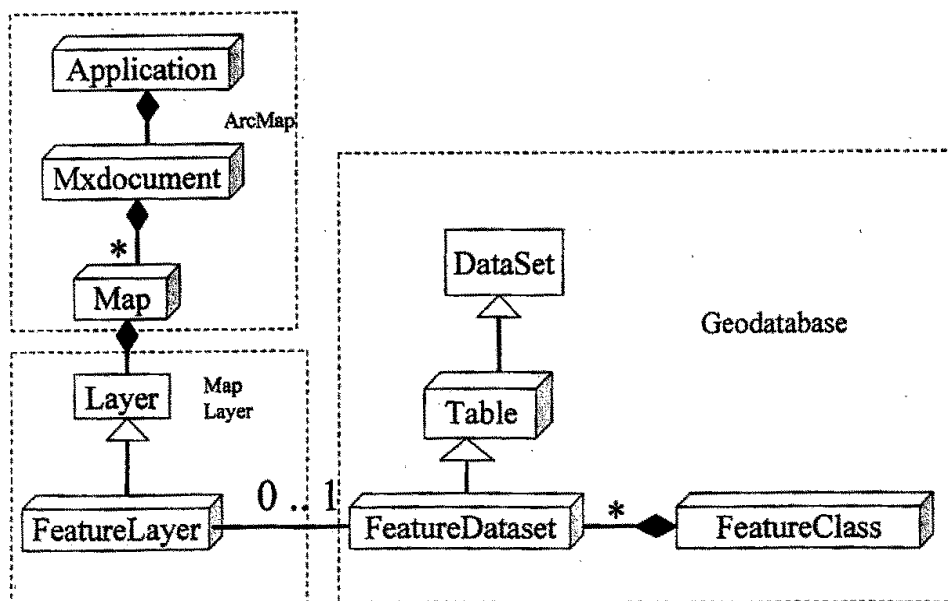


图2-1 图层对象模型图

图 2-1 中的对象可以分为三类: Arcmap, Map Layer 和 Geodatabase, 每个对象模型图上都显示着与其它图类中的联系。Arcmap 应用由单个的 MxDocument 对象组成, Mxdocument 由多个(用星号表示, *)Map 对象组成, 而每个 Map 由多个层组成。Layer 是抽象类, Map 并不包含 Layer 对象, 只是包含各种类型的层(FeatureLayer, RasterLayer, TINLayer 等)。每个 FeatureLayer 与 0 个或 1 个 FeatureClass 对象相关联(在图中用 0..1 表示)。FeatureClass 是由 FeatureLayer 显示的数据(例如一个 shapefile)。事实上, FeatureClass 只是用来存储坐标几何的一个 Table, 根据上图, Table 是数据集的一种。

ArcObjects 的组织划分

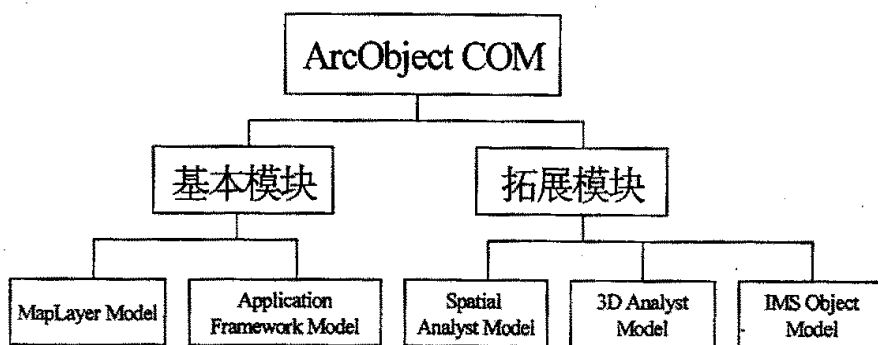


图 2-2 ArcObject 组件结构层次图

ArcObjects 的对象模型分为不同的层次, 对于常用的基本模块, 主要用于图形的显示、基本操作(如放大、缩小、和漫游等)、查询等。另外, ArcObjects 还提供拓展模块, 如空间分析模块、3D 分析模块、网络图形发布模块和空间数据引擎等拓展模块。

2.3.2 ArcIMS

ArcIMS 是美国 ESRI(Environemtal Systems Research Institute)公司推出的第二代基于 Web 的 GIS 平台, 用于在 Internet 和 Intranet 环境中发布和共享空间数据并提供丰富的 GIS 互操作功能。由于目前大多数数据为 shape 格式或者 coverage 格式, 利用 ArcIMS 来开发 WebGIS 可以避免数据转换造成的信息丢失。此外 ArcIMS 产品比较成熟, 功能强大, 可支持多种方式的开发。

ArcIMS 的体系结构及功能

图 2-3 显示的是 ArcIMS 体系结构, 它由两大部分组成: 客户端和服务端, 属于典型的 B/S 结构^[22]。在服务器端可根据客户端的请求生成一幅地图, 地图服务通过一种或者两种方式把地图发送到客户端: 即影像服务方式(Image Service)和要素服务方式(Feature Service)^[23]。所有的客户端的请求和服务端的回应都使用 ArcXML 编码, ArcXML 是 ArcIMS 的通用语言, 符合 XML(eXtended Markup Language)规范。

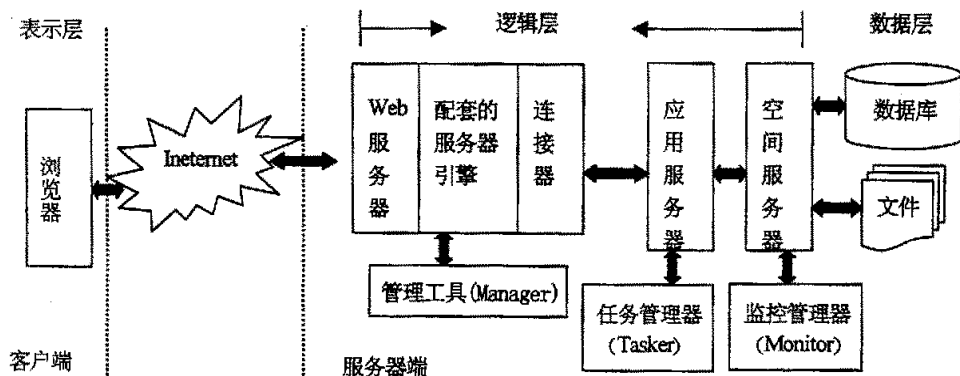


图 2-3 ArcIMS 体系结构

ArcIMS 服务器端构成

(1) Web 服务器

Web 服务器通过 Internet 使用 HTTP 协议传递信息, Web 服务器从客户端接收请求, 并创建网页在客户端发布。ArcIMS4.0 所支持的服务器有: Apache Web 服务器, IBM HTTP 服务器, 微软 Internet Information Server(IIS), Iplanet 企业版 Web 服务器, Oracle 应用服务器和 Weblogic Server 等

(2) ArcIMS 应用服务器连接器

ArcIMS 提供了如下四种连接器连接 Web 服务器和应用服务器: Servlet Connector, Coldfusion Connector, ActiveX Connector, 以及 ArcIMS Java Connector。其中, Servlet Connector 是 ArcIMS 提供的标准的连接器, 它支持 Open GIS Consortium (OGC) WMS 1.1.0 的执行规范, 通过 ArcXML 语言完成 Web 服务器和应用服务器的通讯。Coldfusion Connector 和 ActiveX Connector 对定制的客户端起作用, 它们把自己的语言转化为 ArcXML 语言。ArcIMS Java Connector 通过 Java Server Pages(JSP)客户端或者独立的 Java 应用程序与应用服务器通讯。

(3) 服务器引擎

Servlet 是服务器端的 Java 代码, 用于响应客户端的请求。如果 Web 服务器不支持 Servlets, 那么就需要服务器引擎。服务器引擎是一种 Java 平台技术, 通过通用应用程序接口(API)扩展 Web 服务器使之能够处理 Java 代码。

(4) 管理工具(Manager)

ArcIMS Manager 管理工具包括 ArcIMS Author、ArcIMS Designer 和 ArcIMS Administrator 三个应用程序。它们既可以通过独立的应用程序分别访问, 也可以通过 ArcIMS Manager 访问。ArcIMS Manager 应用程序能够安装在站点配置的任何机器上, 运行在 Internet Explorer 浏览器上, 操作系统可以是 Windows NT 或 Windows 2000。

(5) ArcIMS 应用服务器

ArcIMS 应用服务器是处理输入请求负载平衡的程序,作为一种后台 Java 程序(NT service/UNIX daemon)来运行,把来自客户端的请求传递给恰当的空间服务器。此外,它还可以提供跟踪地图服务以及地图服务运行所在的 ArcIMS 空间服务器的目录。

多个 Web 服务器可以同时与应用服务器进行通讯。在分布环境下,应用服务器可以安装在与 Web 服务器不同的机器上。

(6) ArcIMS 空间服务器

ArcIMS 空间服务器是 ArcIMS 的中枢,提供访问地图数据的功能。并且在向客户端传输响应结果之前做出各种各样的判断,保证向客户端传输准确的地图和相应格式的数据。数据源可以是来自数据库也可以是文件。

当一个请求到达时, ArcIMS 空间服务器完成以下一个或更多的功能^[23]: ①创建完整的影像制图文件, ②向客户端传输地图要素流, ③发布元数据文档、允许客户端搜索地理数据, ④允许客户端对数据库进行查询, ⑤执行地址匹配工作, ⑥从选择的地图要素中创建 shape 文件。

(7) 任务管理器(Tasker)

ArcIMS Tasker(任务管理器)用来在规定时间内删除影像服务产生的输出图像,只有在设计的页面使用了影像服务的时候它才发挥作用。这个时间间隔由用户在服务器管理工具中设定^[24]。

(8) 监控管理器(monitor)

ArcIMS Monitor(监控管理器)启动新的地图服务和空间服务器,并在空间服务器或者计算机故障的时候重新启动服务。

ArcIMS 客户端

ArcIMS 支持几种操作性能优化的客户端浏览器,可以是 Internet Explore 浏览器,也可以是 ArcIMS 自带的 HTML 和 Java 浏览工具,也可以是更高级的 ArcGIS Desktop,这里详细介绍省略。

2.3.3 ArcSDE

ArcSDE^[25]是应用软件与关系数据库之间的 GIS 通道。它允许用户在多种数据管理系统中管理地理信息,并使所有的 ArcGIS 应用程序都能够使用这些数据。

ArcSDE 是多用户软件系统的一个关键部件。它为 DBMS 提供了一个开放的接口,允许 ArcGIS 在多种数据库平台上管理地理信息。这些平台包括 Oracle, Microsoft SQL Server, IBM DB2 和 Informix。通过 ArcSDE 应用软件可以在 DBMS 中轻而易举地管理一个共享的、多用户的空间数据库。表 2-2 列出了 ArcSDE 的具体功能。

ArcSDE 分摊了 DBMS 和 GIS 之间对管理空间数据的职责, ArcSDE 是基于多层体系结构的

应用和存储。数据的存储和提取由存储层(DBMS)实现,而高端的数据整合和数据处理功能由应用层提供。ArcSDE 同时保证所有的 GIS 功能可用,而无需考虑底层的 DBMS。使用 ArcSDE,用户在 DBMS 中即可有效管理它们的地理数据资源。ArcSDE 使用 DBMS 支持的数据类型,以表格的形式管理底层的空间数据存储,并可使用 SQL 在 DBMS 中访问这些数据。

表 2-2 ArcSDE 功能列表

高性能的 DBMS 通道	ArcSDE 是多种 DBMS 的通道。它本身并非一个关系数据库或者数据存储模型。它是一个能在多种 DBMS 平台上提供高级的、高性能的 GIS 数据管理的接口
开放的 DBMS 支持	ArcSDE 允许在多种 DBMS 中管理地理信息: Oracle, Microsoft SQL, Informix 以及 IBM DB2
多用户	ArcSDE 为用户提供大型空间数据库支持,并且支持多用户编辑
连续、可伸缩的数据库	ArcSDE 可以支持海量的空间数据库和任意数量的用户,直至 DBMS 的上限
GIS 工作流程和长事务处理	GIS 中的数据管理工作流,例如多用户编辑、历史数据管理等都依赖于长事务处理和版本管理。ArcSDE 为 DBMS 提供了这种支持
丰富的地理信息数据模型	ArcSDE 保证了存储于 DBMS 中的矢量和栅格几何数据的高度完整性。这些数据包括,支持 X,Y,Z 和 X,Y,Z,M 的坐标、曲线、立体、多行栅格、拓扑、空间处理模型、地图等
灵活的配置	ArcSDE 通道可以让用户在客户端应用程序内或跨网络、跨计算机的对应用服务器进行多层结构的配置方案。

2.4 小结

本章介绍了应用型 GIS 系统的开发方式,独立开发、纯二次开发和集成二次开发,并对这三种开发方法作了分析与比较,确定了适合本系统的开发方式;介绍了实现 WebGIS 的五种技术方案,并对各种方法的优劣作了详细的分析;本章最后介绍了系统使用的三个 GIS 软件,包括它们的功能、特点和组成情况。

第三章 基础数据处理子系统分析与设计

3.1 需求分析

数据是果树病虫害地理信息系统的基础,对苹果病虫害的预报和管理都是建立在对病虫害数据的分析之上的。在苹果病虫害数据采集工作中,数据包括标志病害的发生地点的位置数据和标志病害发生状况的专业属性数据。位置数据主要有烟台市各个市经纬度数据以及各个乡镇的名字,面积等信息,病虫害的专业数据主要包括某个地区主要流行的病虫害种类,以及这种病虫害所适宜生存的温度,光照时数,降雨量等,这两部分数据采集工作主要依靠烟台市农业信息推广中心来完成的。

由于所提供的数据有的是文本文件,有的是Excel文件,系统首先应该具有读取这些文件的功能,如果文件中含有经纬度位置信息,系统还应该能够将文本文件转化为shape(ESRI 公司提供的一种文件格式)文件的功能。对获取到的专业属性数据经整理之后应能够通过系统导入到数据库中。

果树在易发病期,果农最关心的是自己果园的情况,如果发现自己果园中有病变的,他会寻求如何来治疗以及来年如何来防治这种病,另外,他还会关心周边地区发病情况。所以,系统应具有果树病虫害诊断与防治方法的功能,同时还应具有各种查询的功能比如图形查属性,属性查图形,空间查询等功能。而作为管理者关心的是整个地区的整体情况,比如产量与产值,受灾程度等,系统还应具有专题图制作和曲线图统计的功能。不管是普通的果农还是管理者,他们都关心的是某一种病害在某一段时间之后会发展到一种什么样的程度,或者根据已有的数据来推测现在或者将来的灾害程度,因此,系统还应具有一定的预测预报功能。

系统面向的是计算机水平不高的技术员,所以系统设计应力求简单实用并且要有很强的容错能力。

3.2 系统结构图

该部分采用了C/S结构设计,涉及到数据的组织/处理、界面的表达与交互、算法的实现等工作。按照三层构架的思想,可以将该部分设计成人机交互层、业务逻辑层和数据服务层三层,如图3-1所示

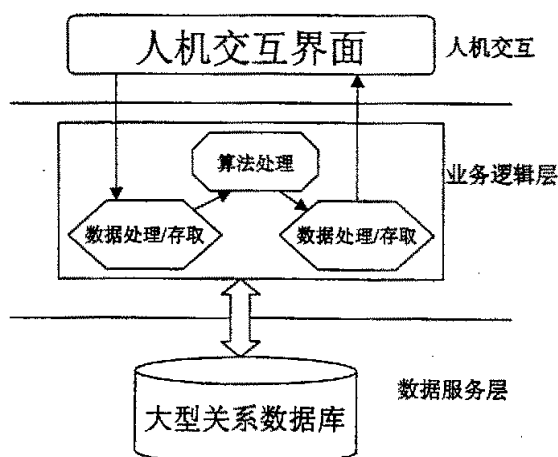


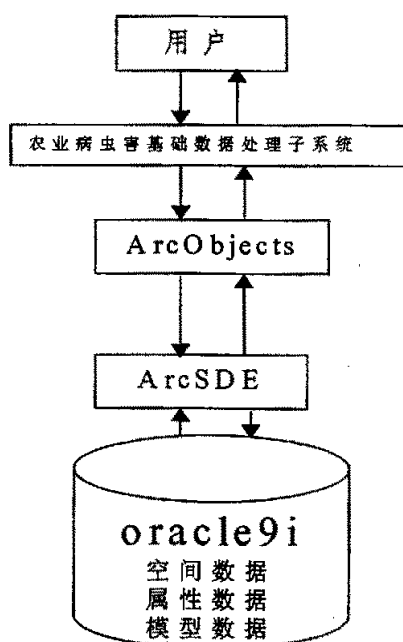
图3-1 系统结构图

人机交互层负责界面的表达以及和用户的信息传递工作，如：属性信息的录入、各种查询条件的选择、各种专题图和曲线图的制作、病虫害诊断与防治等。业务逻辑层根据分析算法处理数据得到需要的结果，例如将采集样本点数据按照空间插值算法得到病害区的整体分布情况等。数据服务层负责所有空间数据和属性数据的存储，例如访问数据库的操作包括完成查询、插入、更新等操作。

3.3 系统配置方案

该子系统采用Vb6.0+ArcSDE+ArcObjects+Oracle9i 的开发方式，系统开发平台Win2000Server。利用Vb6.0来开发系统具有简单、快速的优点，而且使用它可以方便的调用ArcObjects二次开发组件。ArcSDE是空间数据引擎，通过它可以方便的将空间数据导入到oracle9i数据库中，ArcObjects是ESRI公司提供的组件库，也是ESRI 公司的核心产品，功能非常强大，系统所需要的各种GIS操作主要有它来完成。Oracle9i是企业级数据库，它存储数据量大，吞吐量大，数据安全，满足病虫害数据存储量大，数据的频繁访问以及数据扩充的需要。

系统配置方案图如图3-2所示



3-2 系统配置方案

3.4 功能模块划分

从宏观上讲：该系统有以下八个模块构成：登陆模块、数据导入导出模块、用户信息管理模块、图层编辑模块、Gis基本操作模块、病虫害诊断模块、查询模块、统计分析模块。功能结构图如图3-3所示：

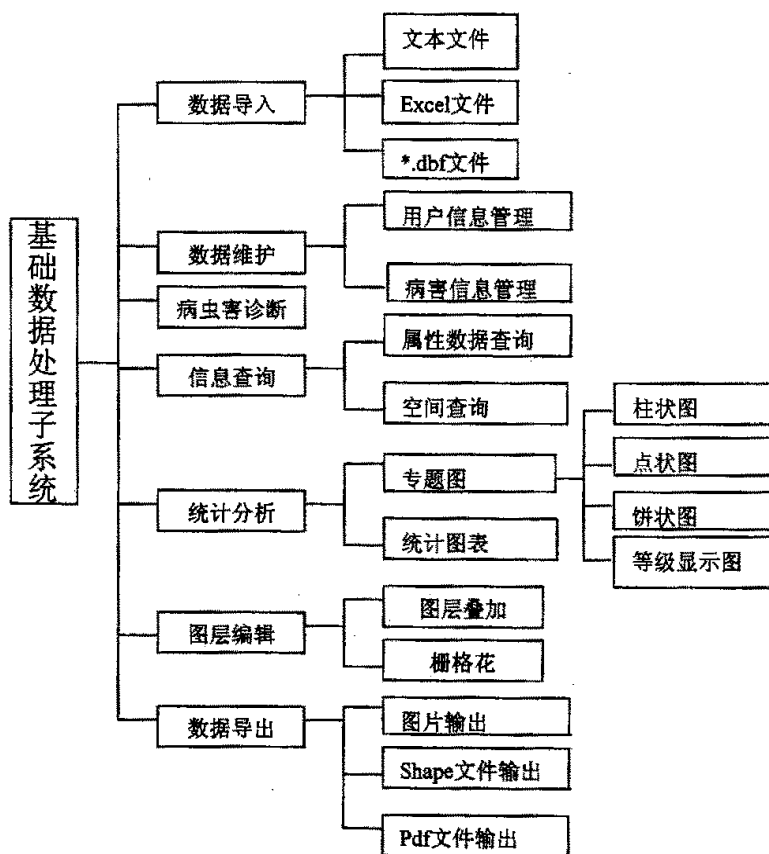


图3-3 功能结构图

3.5 模块功能介绍

1) 登陆模块

登陆模块需要用户输入用户名和密码，然后系统会判断该用户的身份，然后将相应的功能开放给该用户。

2) 数据导入导出模块

数据导入导出模块主要完成如下功能 1)对文本数据(*.txt)、包含在Excel表中的数据(*.xls)和数据库表文件(*.dbf)三种文件中的数据（含有经纬度坐标信息）导入到系统中并且转化为Shape文件。2)对病虫害数据以及相应的危害部位的图片也可以通过该模块导入到数据库相应的表中。3)对处理完的数据可以以图片、生成新的Shape文件或者转换为Pdf格式的文件存储在本地计算机上或者导入到数据库中。

3) 用户信息管理模块

用户信息管理模块主要完成如下功能 1) 对普通用户只可以修改自己的用户信息包括所在单位、联系方式和用户密码。2) 对超级用户可以完成添加用户、删除用户、更新用户的信息三种功能。

4) 图层编辑模块

图层编辑模块主要完成如下功能 1) 完成两个图层的取交、取补、裁减等操作, 并且将处理的结果存储为新的文件, 同时在地图中以新的图层添加在地图中, 可以方便的查看操作结果和相应的属性表中的数据。2) 可以完成判断一点图层中的某些点落在一个图层或者线图层的某一区域中的点的信息, 并且生成新的Shape文件, 相应的属性表也会显示操作的结果。3) 点源数据通过插值算法转换为面源数据, 并且在转换的过程中对每一栅格中的数据可以进行取平均、最大值、最小值等重采样操作。

点源数据转换为面源数据功能流程图如图3-4所示:

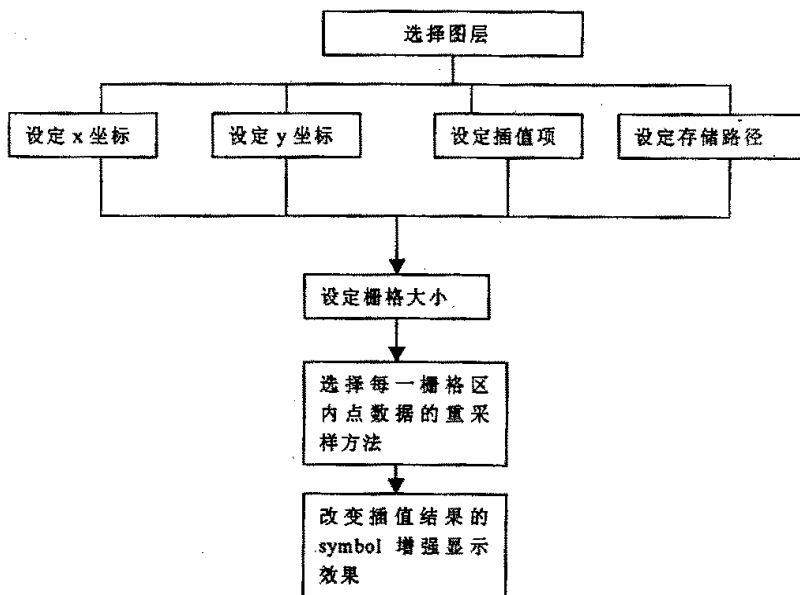


图3-4 点源数据转化为面源数据流程图

5) GIS基本操作模块

GIS基本操作模块主要完成如下功能 1) 对地图的放大、缩小、平移和恢复全貌操作 2) 对地图的单选和多选功能 3) 在地图中添加直线、多边形、点功能 4) 查看某一图层的属性表中所包含的信息和通过鼠标单击地图某一点显示该点信息的功能 5) 测量地图两点之间的距离和测量多边形的面积 6) 从本地计算机或者通过ArcSDE添加shape文件到系统中或者从地图中删除地图中的某一图层 7) 将地图中的图层以图片或者以pdf格式导出功能

6) 病虫害诊断模块

主要完成如下功能：通过在地图中选择某一地区，然后选择农作物受害部位，再通过查询符合条件的图片，当得到合适的图片时相应的诊断方法以及预防方法都可以显示出来。

病虫害诊断流程图如图3-5

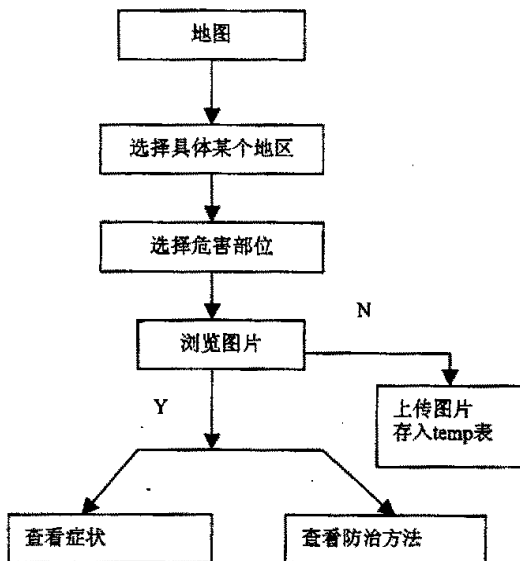


图 3-5 病虫害诊断流程图

7) 查询模块

查询模块主要完成如下功能：1) 属性数据查询功能，用户通过输入查询条件，系统会显示出满足条件的属性信息并在地图中高亮显示查询结果 2) 空间数据查询可以完成两图层之间要素空间位置关系的查询，空间位置关系包括相交、包含等六种操作，并将满足条件的查询结果在地图中高亮显示。属性查询功能流程图和空间数据查询流程图如图 3-6 和 3-7 所示：

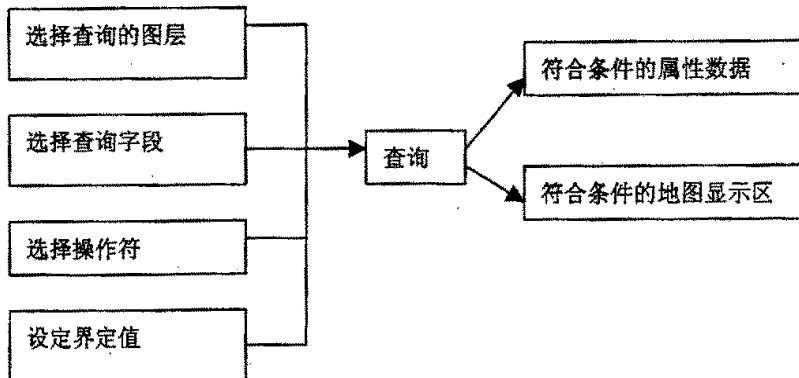


图 3-6 属性查询功能流程图

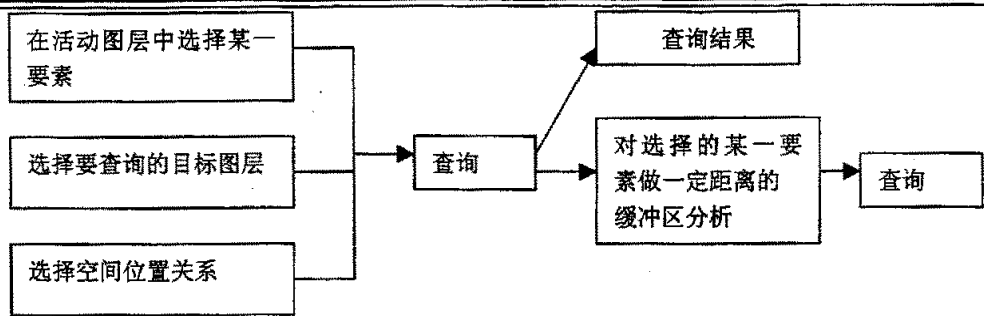


图 3-7 空间数据查询功能流程图

8) 统计分析模块

主要完成如下功能：1) 完成柱状图、饼状图、点状图、等级分布图等专题图的制作功能，数据可以来自shape文件的属性表也可以来自Oracle数据库中的数据。2) 完成曲线图的制作功能，可以完成折线图，饼状图，三维图的制作功能。

9) 帮助模块

为用户提供随机帮助文档，利于用户操作本系统。

3.6 关键技术研究

3.6.1 空间插值分析

空间插值分析是根据采样点的已知数据，来估算未采样位置数据的一种方法。通过插值可以将离散的田间采样数据，生成连续的田间信息分布图。理论上讲，空间位置上越靠近的点，越可能具有相似的特征值，而距离越远的点，其特征值相似的可能性越小^[47]。主要的空间插值方法可以分为整体插值方法与局部插值方法两类，如图 3-8 所示。运算时，整体插值方法首先分析全部采样点数据的空间分布特征，然后根据这一特征对插值位置的数据进行估算。这种插值方法，能够较好的体现采样点数据整体上的分布与变化特征。但是由于将小尺度、局部的变化当作随机性与非结构性的噪声而忽略，使用这种插值方法会丢失一部分细节信息。局部插值时，只有插值位置附近的采样点数据参与运算，来估算未采样位置的数据。这种插值方法能够很好的反映数据在局部位置变化的细节信息；并且通过控制参与运算的数据量，可以保证这种插值方法的运算速度。在精细农业研究与应用中，一般需要掌握田间信息在空间分布变化的细节，所以主要使用局部插值方法。

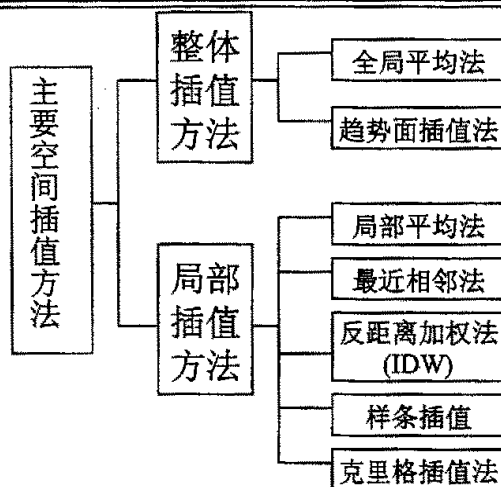


图 3-8 主要使用的插值方法

主要空间插值方法的比较与分析

1) 全局平均法

全局平均法是以全部采样点位置的已知数据的平均值，或者中值作为插值估算值的一种插值方法。这种插值方法虽然计算速度快，但是插值精度很低，不能够反映数据在空间分布与变化情况。

$$Z^* = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Z_i \quad (3-1)$$

$$Z^* = \text{median} \{Z_1, Z_2, \dots, Z_n\} \quad (3-2)$$

式中： Z^* 为插值估算值；

Z_i 为采样点位置的已知数据；

n 为采样点数据个数

2) 趋势面插值法

趋势面插值法采用回归的方法用一个平滑曲面，即趋势面，来拟合采样点已知数据的空间分布情况，再根据该曲面方程来计算未采样点位置的数据。这种方法假设采样位置为独立变量，采样数据也为独立变量且呈正态分布，同时假设回归误差是与位置无关的独立变量。趋势面的拟合程度可以用F分布进行检验。这种插值方法，适合用来分析空间变量在较大尺度上的分布变化规律，或者用来进行空间变量的平滑处理，其计算量较小。回归分析所使用的曲面多项式，形式如

$$f(x, y) = \sum \beta_{uv} x^u y^v \quad u+v \leq p \quad (3-3)$$

式中：(x, y) 为二维平面上的坐标；

u 和 v 为权值；

β_{mv} 为决定确定趋势面形状的参数, 可以由最小二乘法估计得到;

p 为多项式的项数

3) 局部平均法

与全局平均法相似, 局部平均法也是采用对采样点数据求平均的方法, 来计算插值点的数据。但是局部平均法计算某一插值点数据时, 并不使用全部的采样点数据, 而只是将插值点位置附近的采样点数据进行平均。这种方法的计算公式如下:

$$Z^* = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k Z_j \quad (3-4)$$

式中: Z^* 为插值估算值;

Z_j 为插值点位置附近的采样点数据;

k 为参与插值计算的采样点数据个数。

(4) 最近相邻法

最近相邻法是一种计算速度快, 但精度较低的插值方法。插值运算时, 最近相邻法首先计算插值位置到各个采样点位置之间的距离, 然后将到插值位置距离最小的采样点的数据值作为插值估算值。

(5) 反距加权法 (IDW)

反距加权法是将插值点位置附近的采样点数据通过加权平均, 来估算插值数据的一种插值方法。赋予每个采样点数据的权值, 根据插值点到采样点之间的距离计算得出, 距离越大, 权值越小。反距加权法的插值计算公式如下:

$$Z^* = \frac{\sum_{j=1}^k Z_j d_j^{-p}}{\sum_{j=1}^k d_j^{-p}} \quad (3-5)$$

式中: Z^* 为插值点数据的估算值;

Z_j 为插值点位置附近的采样点数据;

k 为参与插值计算的采样点数据个数;

d_j 为插值点与采样点之间的距离;

p 为权系数; p 取值越大, 采样点数据对插值点数据的影响, 随距离的增加而减小的程度就越高。当 $p=0$ 时, 反距加权法即等效为移动平均法。一般使用中, p 值取为 2。

(6) 样条插值法

样条插值采用拟合的方法, 根据采样点的已知数据, 来构造处处连续的分段的平滑样条函数;

插值时, 根据拟合的样条函数来估算插值点的数据值。拟合过程中, 每段样条函数只用到少数的采样点数据, 这样调整样条函数时可以只修改其中的某一段, 而不必重新拟合整个函数。样条插值法的计算量比较大。

(7) 克里格插值法

克里格插值属于空间局部插值方法, 是地学统计方法中的主要内容之一。它是建立在变异函数理论及结构分析基础上, 在有限区域内对区域化变量的取值进行无偏最优估计的一种方法, 目前广泛应用于地质、土壤、水文等研究领域。

克里格方法首先根据采样点的数据, 来统计变量在空间上的相关程度; 然后根据采样点到插值点之间的距离, 通过变异函数曲线给每个采样数据赋予一定的权重; 插值时进行加权平均, 来估算插值点的数据。这种方法用变异函数(又称半方差函数)来表示变量的空间相关程度, 变异函数形式如下:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n [z(x_i) - z(x_i+h)]^2 \quad (3-6)$$

式中: $z(x_i)$ $i=1, 2, \dots, n$ 为采样点位置的已知数据;

h 为采样点数据 $Z(x_i+h)$ 与 $Z(x_i)$ 之间的距离;

n 为某一方向间距为 h 的样本对数。

克里格插值法的计算量比较大, 但是这种插值方法不但能够利用变异函数来描述采样点数据之间的空间相关关系, 而且能够通过分析采样点与插值点的数据来估算插值误差, 是一种精度较高的插值方法。上面介绍的插值方法中, 全局插值方法由于会丢失细节信息, 所以不适用于用来描述田间信息的分布变化情况。最近相邻法运算简单, 但是插值精度较低; 而样条插值法的插值精度处于中等水平, 但是计算量太大。克里格插值法是目前公认的一种高精度的插值方法, 但是这种插值方法计算量大, 并且插值精度受变异函数拟合模型选择的影响, 另外有研究指出^[48], 克里格插值法对采样样本数也有较高要求, 当采样点数据少于100个时, 使用这种插值方法反而会产生较大误差。

3.6.2 缓冲区分析

缓冲区分析是指以空间点状、线状、面状等地物为基础, 在其周围建立一定宽度的多边形区域, 用来分析空间数据对周边区域的影响。缓冲区分析是地理信息系统中的一种重要得和基本的空间操作功能^{[49][50]}。图 3-9 中分别给出了点、线、面状地物缓冲区的示意图。

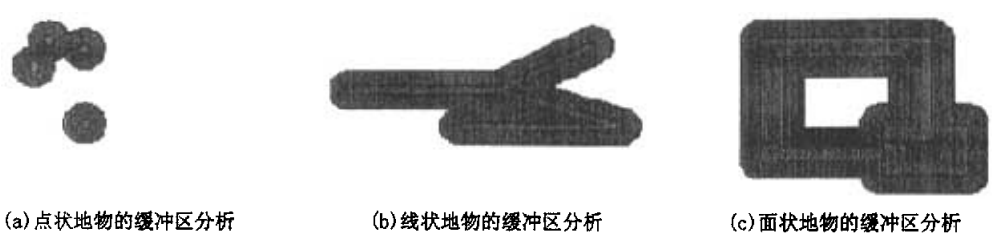


图 3-9 缓冲区分析图

图 3-9(a)中给出了点状地物的缓冲区，它是以点状物为圆心，以指定值 D 为半径，画出圆，给圆内任意一点到点状物的距离小于指定值 D 。图 3-9(b)给出了线状地物的缓冲区，在矢量数据格式下，线状地物表示为一条折线，而其缓冲区的边界也是一条折线，但线状地物的两个端部位除外，折线的每一段线段与线状地物对应的线段平行，且距离为缓冲区的宽度 D 。缓冲区两端部位则为扇形区域，其半径为缓冲区宽度 D ，圆心为线状地物端点坐标。图 3-9(c)给出了面状地物的缓冲区。由于面边界可以看作是首尾端点相重合的线，因而面状地物缓冲区可看作是面边界线单侧—外侧的缓冲区。

在病虫害地理信息系统中的缓冲区分析是通过调用 AO 提供的方法来实现，主要用来分析病虫害的发生、扩散，及其对周围农田的影响情况，从而为病虫害防治提供依据。

3.6.3 叠加分析

叠加分析是指将同一区域、同一比例尺的两组或组具有不同专题数据的图层，重叠到一起进行空间数据与属性数据的运算与操作，从而产生具有多重属性的新图层的一种分析方法^[51]。专题图层的叠加分析如图 3-10 所示。其中，作物病虫害灾害水平图层包括重和较重两种情况；果园类型图层中包括富士和红星两种品种的苹果。将这两个专题图进行叠加分析后，在生成的新图层中则包括四个部分，其中每个部分都具有作物灾害水平与苹果种类两个属性，共有重+富士、重+红星、较重+富士与较重+红星四种情况。病虫害地理信息系统的叠加分析功能是通过调用 AO 提供的图层操作方法实现的。

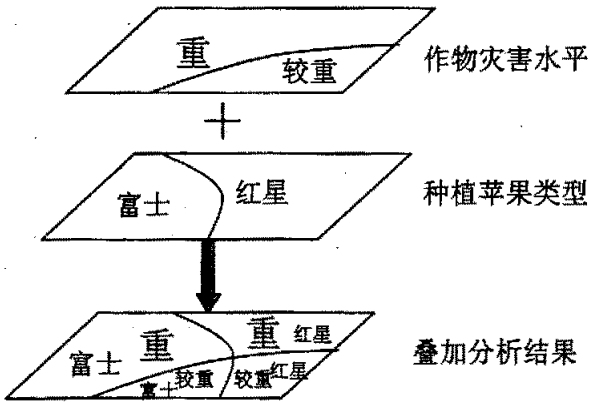


图 3-10 叠加分析示意图

3.7 系统测试

3.7.1 子系统主界面

界面是用户与软件系统的桥梁,尽管不能增加软件的功能与性能,但好的界面可以帮助用户利于使用系统功能,达到事半功倍的效果。病虫害地理信息系统基础数据处理子系统的界面设计遵循了以下的原则:

- 1) 用户界面友好、易于理解、符合常用软件系统的操作习惯、各用户界面与 Windows 操作系统风格一致、方便、整洁。
- 2) 系统中除常用的功能菜单选项外,另设计了工具栏的快捷按钮,方便用户使用。
- 3) 系统的输入部分设计有效性检验功能,帮助用户避免输入错误。
- 4) 系统中各模块中均设计错误捕获与处理程序,在后台处理系统运行错误,防止系统崩溃,无需用户干预。
- 5) 系统关键部分设计了对话框,提醒用户,防止误操作。

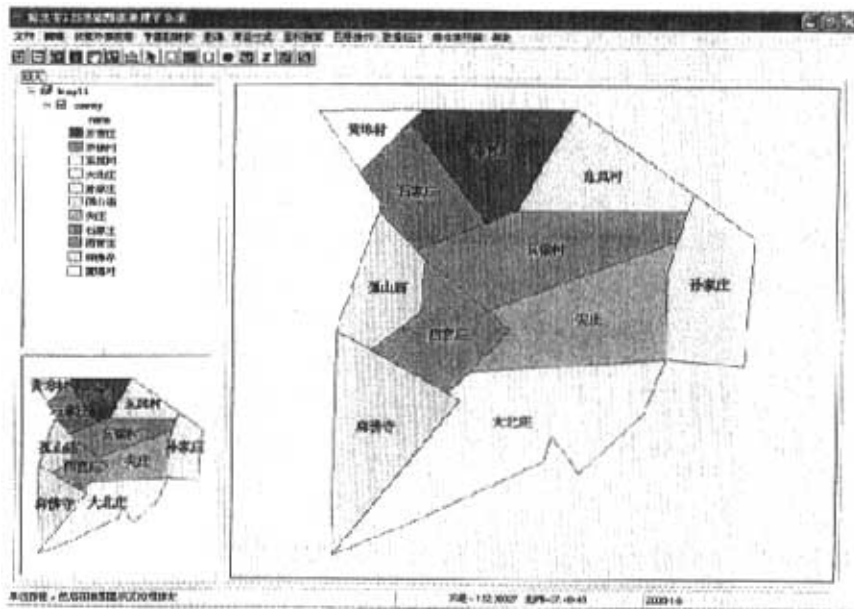


图 3-11 系统主界面

系统主界面如图 3-11 所示,其中包括菜单、快捷按钮、工具栏、地图显示区、图例显示区、鹰眼显示区与状态栏及各部分。主菜单中包括文件、编辑、获取外部数据、专题图制作、查询、表面生成、面积测量、图层操作、数据统计、病虫害预测与帮助等内容,通过主菜单可以调用包含在主菜单中的子菜单选项来完成相应的功能。为了方便用户,系统中涉及到的 GIS 的基本操作

和一些常用功能，比如放大、缩小、属性数据查询、测量距离、添加外部数据等功能都以按钮的形式添加在工具栏中提供给用户。图例显示区主要用来显示地图中每种颜色所代表的含义，而且这些颜色可以由用户的喜好来改变。地图显示区主要显示电子地图。鹰眼显示区显示地图的缩略图，通过鹰眼图可以更方便操作电子地图。状态栏可以显示三部分信息，第一部分可以显示对应工具栏中某一按钮的相应的简单使用方法，第二部分显示电子地图的经纬度坐标，第三部分显示当前日期。

3.7.2 空间信息管理

空间信息管理是系统的重要功能。为了使用户能够通过这一功能，方便快捷的获取所需信息，系统为用户提供了一系列信息工具，主要包括点选查询、属性查询、空间查询、测量距离与面积计算等，其中：

1) 点选查询

用户通过在主界面的工具栏中选择点选查询按钮，然后用鼠标点击想要查询的地图的某一位置，地图中相应的属性信息会在对话框中显示出来，相应的地图位置会高亮显示。图 3-12 为点选查询结果

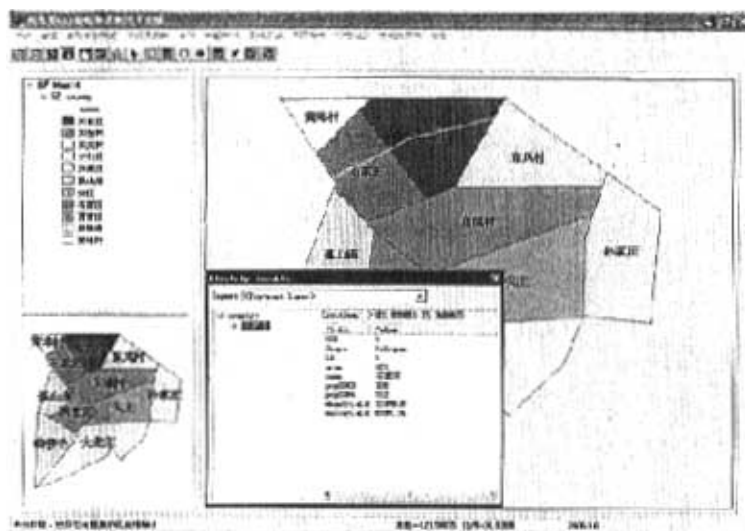


图 3-12 点选查询

2) 属性查询

如图 3-13 属性查询结果，用户需要在属性查询对话框中选择所要查询的图层、对应的字段、操作符和限定值，查询的结果会在属性查询对话框的数据显示区详细的显示出来，同时对应的地图显示区中满足条件的空间信息也会在地图中以红色显示出来。

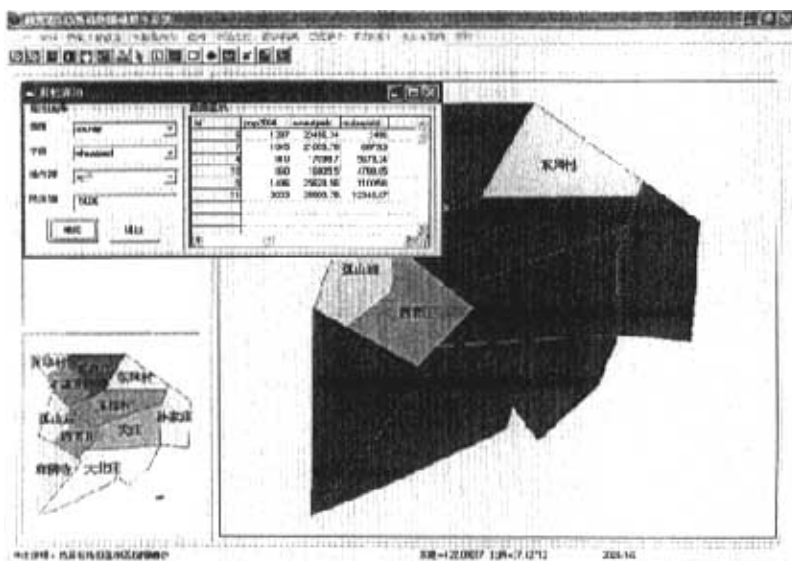


图 3-13 属性查询

3) 空间查询

空间查询的结果如图 3-14 所示，用户首先需要在地图显示区选择某一要素，图中显示的是首先选择某一要素，其次在“图层选择”中选择要查询的图层，然后在“空间位置”选择中选择一种空间位置关系，再将在地图中选择的要素做一定距离的缓冲区分析，则在缓冲区内满足空间位置关系的所要查询图层(图 3-14 中是水库图层)中的要素将会以高亮度显示出来。

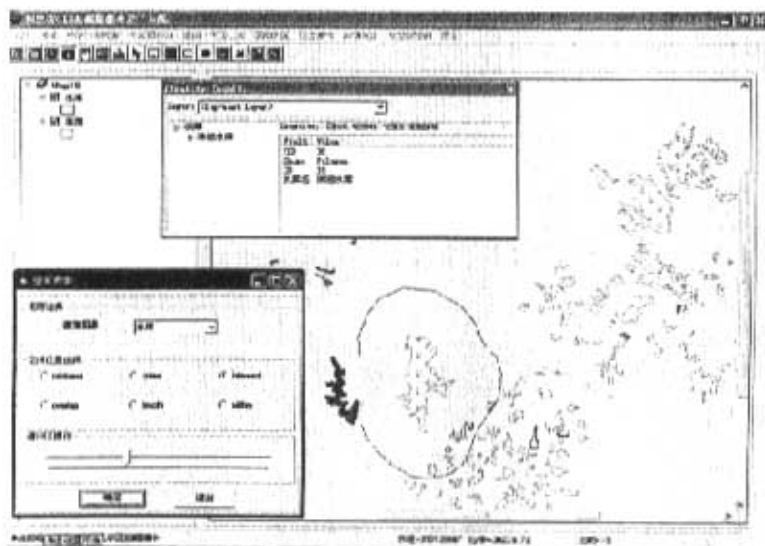


图 3-14 空间查询

3.7.3 插值分析

系统中采用的插值方法是反距离加权法(IDW)插值法,它适合用来对果园病虫害的采样数据进行插值分析,以来分析病虫害的空间分布动态,系统中之所以采用 IDW 插值方法来分析病虫害的空间分布动态主要考虑以下两点:

- 1) 农业病虫害有其自身发展的时间性和空间性,对突发病虫害,其时间和空间范围分布都很重要;对于缓慢持久恶化的病虫害,时间属性退居其次,但其空间分布仍然具有重要的意义。
- 2) Gribko 等(1995)以及 John 等(1999)利用克里格插值方法预测舞毒蛾种群的空间动态。基于此,想利用一种插值方法来分析苹果虫害的分布动态,而克里格插值方法对采样点样本数据要求比较多,当样本数低于 100 个时,插值精度反而会降低,而 IDW 插值方法却没有这方面的要求。

系统中采用公式(3-5),系统中 IDW 算法处理过程是:

- 1) 对落入每一栅格中的采样数据点可以取平均、取最大值、取最小值,作为这一栅格的数值即重采样^[52],如图 3-15 所示。
- 2) 对栅格中没有数据的栅格,利用公式 $dis(i) = \sqrt{(x(i)-a)^2 + (y(i)-b)^2}$ (dis 为距离, x 和 y 是数据点的横坐标和纵坐标, a 和 b 是插值点的横坐标和纵坐标) 计算各个数据点到插值点的距离。
- 3) 为减少运算量,取离插值点最近的 n 个数据点参与插值运算。
- 4) 对 n 个数据点按照由近及远的原则,代入公式(3-5),计算插值点的估计值。

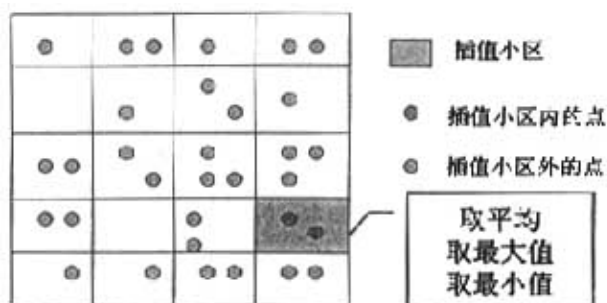


图 3-15 重采样示意图

系统的插值运算界面及结果如图 3-16 所示

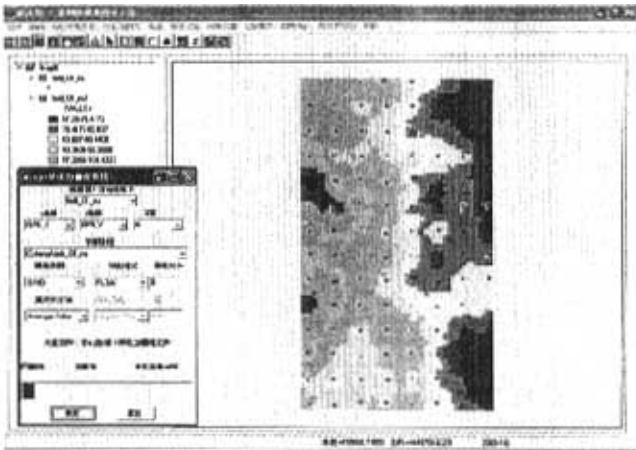


图 3-16 插值运算界面及结果

系统中本想利用 IDW 插值算法来分析，苹果某种虫害的空间分布动态，但采样点数据的采集工作还没有完成，所以图中测试数据只好利用某地块的果园土壤 N 含量采集数据来模拟虫害数据，将系统的插值结果同 ArcInfo 中 IDW 插值结果做比较如图 3-17 所示：

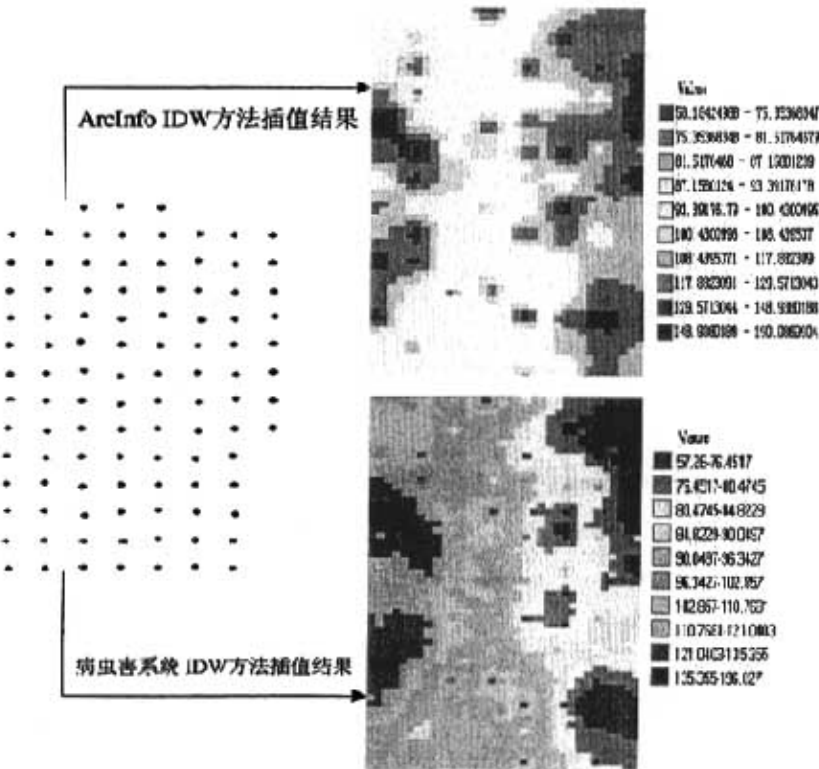


图 3-17 ArcInfo 软件中 IDW 插值结果同病虫害系统 IDW 插值结果比较图

进一步将两幅插值结果图中的栅格数据用 Microsoft Excel 软件进行相关分析, 得到相关系数为 0.9987, 如图 3-18 所示, 因此可认为病虫害地理信息系统中的 IDW 插值法的运算精度完全满足使用要求。

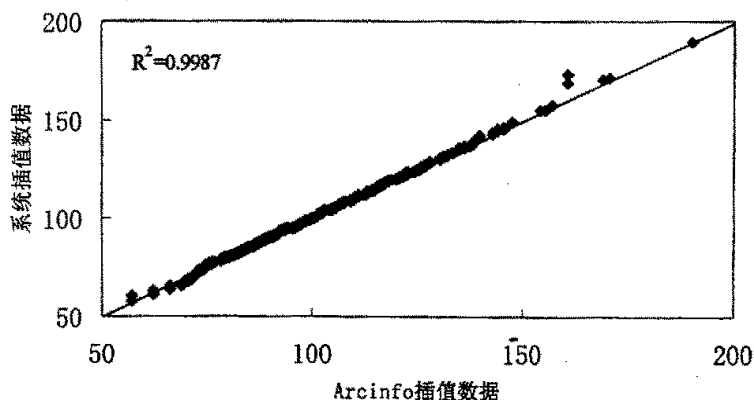
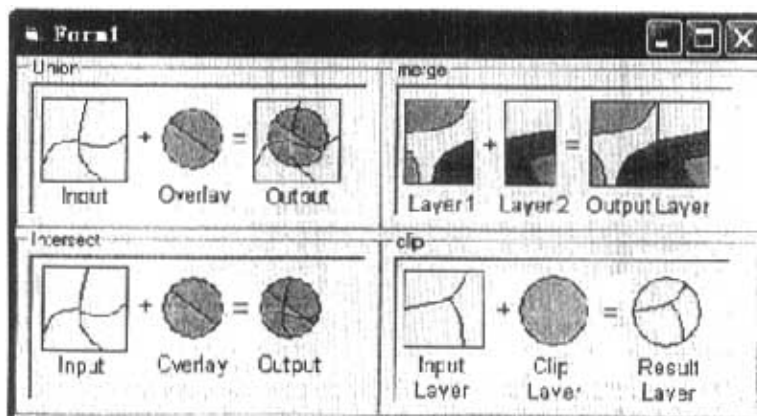


图 3-18 ArcInfo 软件中 IDW 插值结果同病虫害系统 IDW 插值结果数据相关分析

3.7.4 图层操作

系统提供了如图 3-19 所示的四种图层操作, 分别为 Union、merge、intersect 和 clip 四种操作。



3-19 系统提供的四种图层操作示意图

系统中的图层操作界面如图 3-20 所示

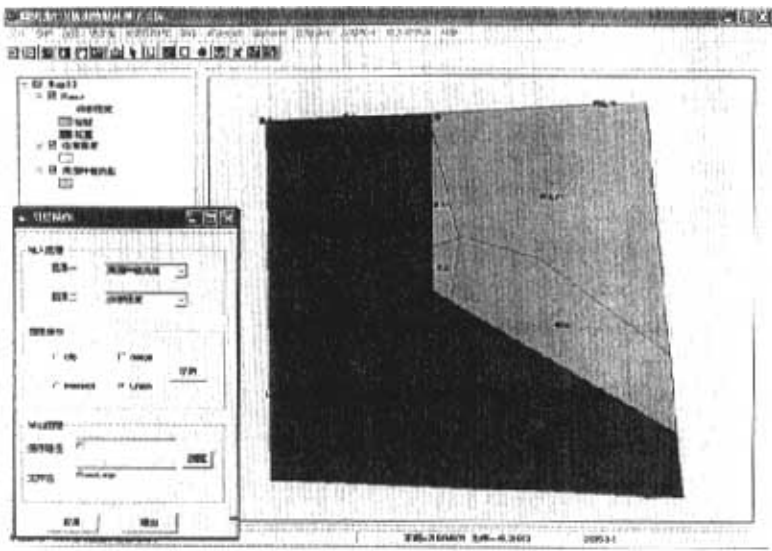


图 3-20 图层操作界面

图 3-20 完成的是对两个图层的 Union 操作，其它操作类似，选择不同的图层操作方法即可得到不同的结果。

图 3-21 是 Union 操作的地图和属性数据的变化结果

地图变化

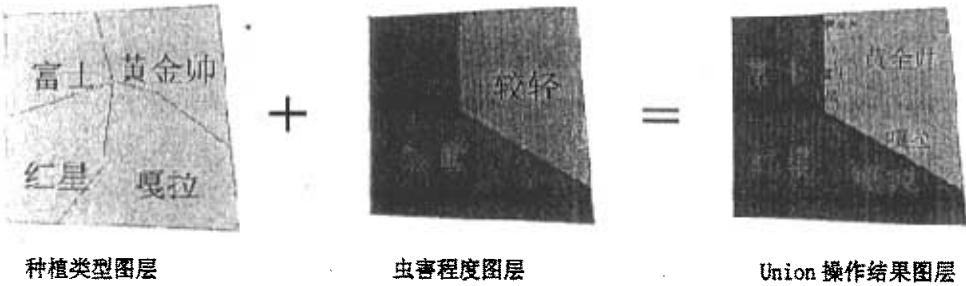


图 3-21 地图变化示意图

属性数据变化, 如图 3-22 所示:

病害程度属性数据

FID	Shape*	病害程度
0	Polygon	较轻
1	Polygon	较重

果园种植类型属性数据 + (Union操作)

FID	Shape*	sectname	种植类型
0	Polygon	果园1	富士
1	Polygon	果园2	黄金帅
2	Polygon	果园3	嘎拉
3	Polygon	果园4	红星

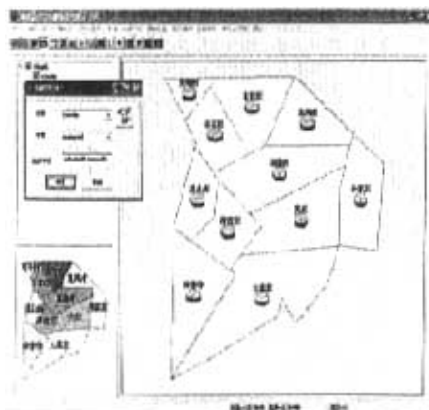
Union操作结果属性数据

FID	Shape*	sectname	种植类型	病害程度
0	Polygon			较重
1	Polygon	果园3	嘎拉	较重
2	Polygon	果园3	嘎拉	较重
3	Polygon	果园4	红星	较重
4	Polygon	果园4	红星	较重
5	Polygon	果园4	红星	较轻
6	Polygon	果园3	嘎拉	较轻
7	Polygon	果园1	富士	较轻
8	Polygon	果园1	富士	较轻
9	Polygon	果园1	富士	较轻
10	Polygon			较轻
11	Polygon	果园1	富士	较重
12	Polygon	果园1	富士	较重
13	Polygon	果园2	黄金帅	较重
14	Polygon	果园2	黄金帅	较轻
15	Polygon	果园2	黄金帅	较轻

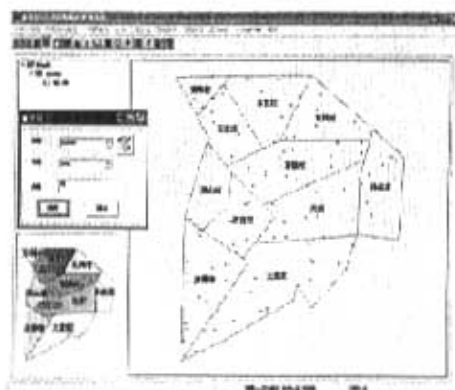
图 3-22 属性数据变化示意图

3.7.5 专题图制作和曲线图统计

专题图制作是数据统计的一个重要部分，系统提供了点状图、柱状图、饼状图和等级分布图四种格式的专题图，其中点状图实例用点的密度来代表某一数据的变化情况，柱状图则用柱的高度来代表数据的变化，饼状图则用在一个饼中所占的百分比来代表数据的变化，等级分布图则用颜色的变化表示出数据的变化。图 3-23 分别是点状图、柱状图、饼状图和等级分布图的统计结果



饼状图



点状图

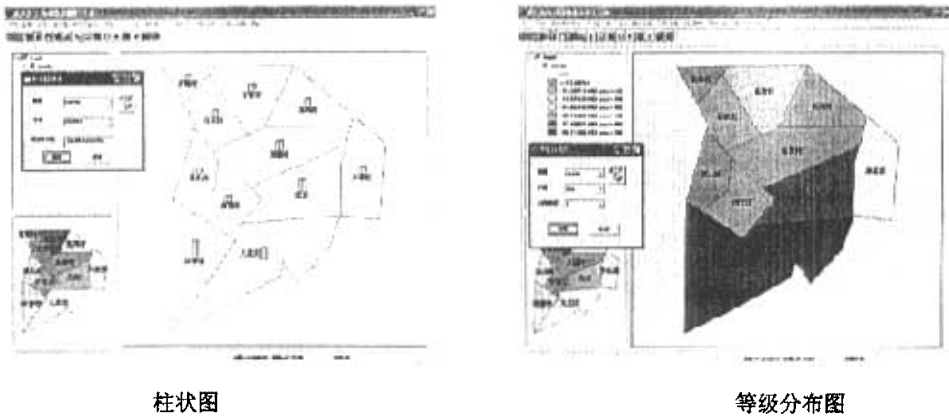


图 3-23 专题图制作界面及操作结果

曲线图统计

系统提供了 2D 和 3D 曲线图的制作，共计十种曲线图。界面不仅显示图形信息，相应的属性数据也会在界面的数据显示区显示出来，而且用户可以在一次制作曲线图的过程中，变换各种图形类型，相应的图形将会随之发生变化。图 3-24 为界面显示结果

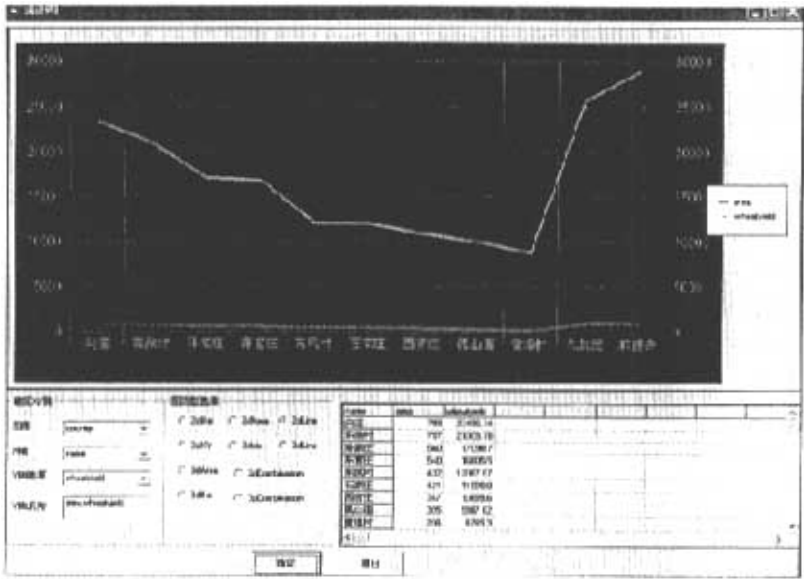


图 3-24 折线图

3.8 小结

测试结果表明上述各种数据分析和信息管理功能,其正确性和有效性都具有一定保障,可以作为病虫害地理信息系统基础数据处理的工具。其中:

- 1) 点取查询、条件查询、空间查询可以满足基本的属性数据的查询和空间数据的查询要求,而且操作方便简单,查询结果都是以表格数据和地图显示两方面来显示,形象直观。
- 2) 空间插值分析是根据采样点的已知数据,来估算未采样位置数据的一种方法。通过插值可以将离散的田间采样数据,生成连续的田间信息分布图。系统中提供的 IDW 插值方法,对落入每一栅格中的采样点数据采取取平均值、最大值和最小值三种处理方法,测试结果表明这一方法的运算结果与 ArcInfo 软件中的 IDW 插值方法十分接近,相关系数为 0.9987,可以满足系统的要求。但为了提高插值结果的精确度与软件运算效率,还需要对参与插值运算的数据和算法做进一步的研究。
- 3) 图层操作是对两个图层的处理过程,系统提供了 Union、Merge、Clip 和 Intersect 四种操作,这四种操作的结果都会生成新的 shape 文件,并且添加到地图中,新生成的 shape 文件包含了所有满足条件的属性信息和空间信息。
- 4) 专题图制作和曲线统计是对系统的属性数据的统计,其中专题图制作功能提供了柱状图、饼状图、点状图、等级分布图四种统计图,而且专题图数据的来源可以是 shape 文件也可以是数据库中的数据。曲线统计功能提供柱状图、折线图、饼状图以及各种三维图。这些统计功能方便了数据的分析,以更直观的方式提供给用户,为用户提供了方便。

第四章 苹果病虫害预测预报子系统分析与设计

4.1 苹果虫害预测预报的方法

4.1.1 基本的测报方法

关于虫害预测的方法有很多,按其基本做法可大致分为三类。

1) 统计法

根据多年观察积累的资料,探讨某种因素如气候因素、物候现象等,与害虫某一虫态的发生期、发生量的关系,或害虫种群本身前后不同的发生期、发生量之间的相关关系,进行相关回归分析,或数理统计计算,组建各种预测式。

2) 实验法

应用实验生物学方法,主要求出害虫各虫态的发育速率和有效积温,然后应用当地气象资料预测其发生期。另一方面,用实验方法探讨营养、气候、天敌等因素对害虫生存、繁殖能力的影响,提供发生量预测的依据。

3) 观察法

是指直接观察害虫的发生和作物物候的变化,明确其虫口密度、生活史与作物生育期的关系,应用物候现象、发育进度、虫口密度和虫态历期等观察资料进行预测,为目前我国最通行的预测方法。主要预测发生期、发生量和灾害程度。

4.1.2 专家系统

计算机科学与技术作为一门实用性很强的应用技术在我国农业领域的应用逐渐受到重视。农业专家系统就是把人工智能的专家系统技术应用于农业领域的一项高新技术^[53],专家系统是迅速发展起来的一个人工智能的应用领域。人工智能(Artificial Intelligence 简称 AI)被誉为 20 世纪的三大科学技术成就之一,受到了世界各国的普遍重视,而 60 年代中期作为人工智能的应用领域的专家系统(Expert System 简称 ES)的出现,使得人工智能的研究从实验室走向了现实世界。它和自然语言理解以及机器人技术一起已成为人工智能研究最活跃的三大领域。随着它的飞跃发展,世界各国已经在化学分析、医疗诊断、地质勘探、气象预报、故障处理、语音识别、图像处理、农业、经济和军事等领域研制了大量的专家系统。

一、专家系统的基本组成

专家系统是人工智能应用研究最活跃的领域之一,它已获得日益广泛的应用。一般说,经验专家系统是一个智能计算机程序系统,其内部具有大量专家水平的某个领域知识与经验,能够利用人类专家的知识和解决问题的方法来原因决该领域的问题。也就是说,专家系统是一个具有专门

知识与经验的程序系统，它应用人工智能技术，根据某个领域一个或多个人类专家提供的知识和经验进行推理和判断，模拟人类专家的决策过程，以解决那些需要专家决定的复杂问题。专家系统的主要功能取决于大量知识的积累。设计专家系统的关键是知识表达和知识的运用。专家系统与传统的计算机程序最本质的区别在于：专家系统所要解决的问题一般没有算法解，并且往往要在不完全、不精确或不确定的信息基础上做出结论。

一般专家系统由知识库、数据库、推理机、解释器及知识获取五个部分组成^[54]。如图 4-1 所示

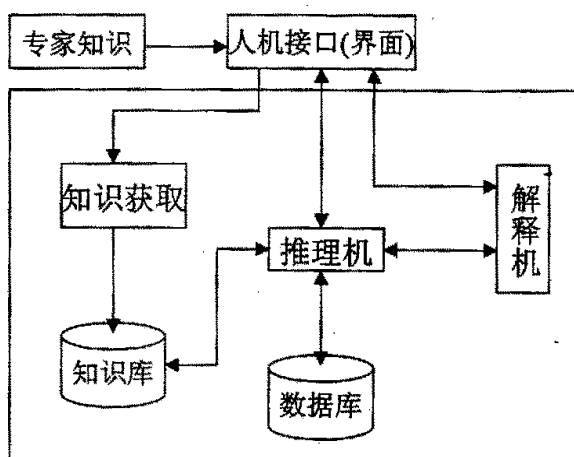


图4-1 专家系统构成图

二、专家系统的特点

专家系统是一种基于知识的智能程序，具有以下特点^{[54][55]}

1) 具有启发性。

专家系统运用领域内的理论与常识性知识以及专家长期在实践中积累起来的宝贵经验，它们往往简洁有效，能够起到有效的简化问题或快速的求解问题的作用。

2) 具有透明性。

专家系统能解释本身的推理过程，给出求解过程的推理路径，使系统具有一种透明的界面。

3) 具有灵活性。

专家系统由于知识库和推理机的相对独立，使它可以方便的在非编辑状态下不断对知识进行增删和修改，有利于知识库的扩充和完善，不断提高系统的性能。

4.1.3 人工神经网络

人工神经网络(Artificial Neural Network, 简称ANN)是一个由大量简单的处理单元(神经元)广泛连接组成的人工网络,他揭示数据样本中蕴含的非线性关系,大量处理单元组成非线性自适应动态系统,具有良好的自适应性、自组织及很强的学习、联想、容错和抗干扰能力,在不同程度和层次上可模仿大脑的信息处理机理,可灵活方便的对多成因的复杂未知系数进行建模。人工神经网络已经广泛的应用于模式识别、信号处理及人工智能等各个领域^[58]。

一、人工神经网络的特点

1943年心理学家W. McCulloch和数理逻辑学家W. Pitts首先提出了一个简单神经网络模型^[59],其神经元的输入输出关系为

$$y_j = \text{sign}(\sum_i W_{ji} - \theta_j) \quad (4-1)$$

其中,输入输出均为二值量, W_{ji} 为固定的权值。利用该简单网络可以实现一些逻辑关系,为进一步研究打下了基础。从20世纪80年代开始,人工神经网络理论得到了快速的发展。

人工神经网络有以下几个突出的优点^{[60][61]}

1) 高度的并行性。

人工神经网络是有许多相同的简单处理单元并联组合而成,虽然每个单元的功能简单,但大量简单处理单元的并行活动,使其对信息的处理能力与效果惊人。

2) 高度的非线性全局作用。

人工神经网络每个神经元接受大量其他神经元的输入,并通过并行网络产生输出,影响其它神经元。网络之间的这种互相制约和影响,实现了从输入到输出的非线性映射。

3) 良好的容错性与联想记忆功能。

4) 十分强的自适应、自学习功能。

人工神经网络可以通过训练和学习来修改网络的权值与结构,呈现出很强的自学习能力和对环境的适应能力。

二、人工神经网络的模型

神经网络模型各种各样,它们是从不同的角度进行不同层次的描述和模拟。神经网络按网络结构可分为前馈型和反馈型;按学习方式可分为有导师和无导师学习方式。有代表性的模型主要有以下几种:

BP网络是基于BP(Back Propagation)误差反向传播算法的多层前馈神经网络,1986年由D.E.Rumelhart等人提出^[62]。每个神经元只前馈到其下一层的所有神经元,没有层内联结、各层联结和反馈联结。采用Sigmoid型传递函数。

Hopfield网络是一种反馈网络,网络中的每一个神经元都将自己的输出通过连接权传递给所

有其他神经元,同时又接收其它神经元传递过来的信息,所以该系统具有系统的动态性能,一般用于联想记忆和优化计算。

径向基函数网络(RBF网络)也是一种前馈网络。网络的学习速度和收敛较快,但是,所需训练样本要多一些。RBF网络采用高斯型传递函数。

4.1.4 人工神经网络与专家系统比较

虽然专家系统已经得到广泛的应用,但是专家系统在实现类似人脑的学习、联想等方面遇到了如下困难^{[56][57]}。

1) 知识获取的瓶颈问题。

一般专家系统知识获取是把知识以规则的形式存入计算机,但某些知识很难用规则来描述。特别是那些不能进行明确描述的知识,很难组织成规则。

2) 缺少深层的理性知识和强有力的推理能力。

一般专家系统获取的是浅层的、表面的知识,系统不具备联想记忆和自学习功能。对相近领域的边缘性问题求解能力很差,不能随意更新知识。

3) 推理速度慢。

一般专家系统知识表达与知识存储一一对应,即信息的处理和存储是分开的,信息的提取和存储过程是串行的,知识越多,推理速度越慢。

而神经网络有效的克服了以上三个缺点:

- 1) 知识的获取不是人工加工移植,而是由专家提供范例以及相应的解,通过特定的学习算法对样本学习并不断修改网络各神经元之间的连接权而获得。
- 2) 知识表达不是由产生式规则、谓词逻辑表示,而是把知识经验分布到网络的连接权上,在这里知识规则变成为数字形式,便于知识库的组织和管理;
- 3) 知识推理变为网络中隐含模式对数的竞争,是并行的。

在神经网络的实际应用中,80%~90%的神经网络模型都是采用BP网络及其变化形式^[62]。BP网络采用误差反向传播算法(Error Back-propagation)是神经网络中最有效、最活跃的一种方法。由实践证明,对于任意闭合区间连续函数都可以用含有一个隐含层的BP网络来逼近^[63]。因而采用三层BP网络对病虫害发生程度进行预测可以有效的刻画其具有的不确定、多输入、复杂的非线性特征。MATLAB神经网络工具箱就是以人工神经网络为基础,用MATLAB构造出神经网络所涉及公式计算、矩阵操作等大部分程序,从而简化了复杂的程序设计工作^{[64][65]}。

4.1.5 苹果虫害与气候因子间的相关性分析

气候因素对苹果虫害的发生发展有密切关系。主要包括温度、水(湿度或降雨)、光照、气流(风)等。这些因素相互影响共同作用于昆虫。但它们也各有其特殊的方面。气候因素可以直接影响昆虫的生长、发育、生存、繁殖,从而造成病虫害不同的发生期、发生量和危害程度^{[66][67]}。

一、温度

昆虫在完成其生命活动(生长、发育、活动和繁殖等)的过程中,都需要一定的热量。它的主要热能来源有太阳的辐射热和体内新陈代谢中所产生的化学能。由于昆虫是变温动物,它的新陈代谢类型与恒温动物不同。变温动物的代谢率常随着外界温度的升降而增高或降低。昆虫的体温基本上是随外界温度而起变化的。外界温度的变化直接影响代谢率的高低,从而对昆虫的生长发育、繁殖、生存及活动行为等都有十分重要的直接影响。这就是外界温度因素对昆虫产生作用的根本原因。昆虫是变温动物,调节体温的能力较差,它的体温基本上是取决于周围环境的温度条件,但也有一定的调节能力。昆虫调节体温主要通过热量的吸收,但这种调节能力是较微弱的。

昆虫对环境温度的适应不是无限的,而是有一定的适应范围。每一种昆虫都有一定的适宜温度范围,在适温范围内生命活动最旺盛;而超过这一范围(过高或过低),则繁育停滞,甚至死亡。了解每一种昆虫对温度的这种适应范围,对于分析和预测害虫的发生期、发生量有很大的意义。

二、湿度和降雨

湿度、降雨可直接影响昆虫的生长、发育和生存、繁殖,也可通过食物和天敌间接地对昆虫发生影响。外界环境中的湿度或降雨都是通过影响昆虫体内的含水量而发生作用的。因此,当外界环境影响到虫体内水分调节失去平衡时,便可引起发育、生存、繁殖等方面不同程度的反常表现。

同一地区不同年份或季节内的降雨日期、次数、雨量强度等的变动远比气温的变化大。季节性雨季的来临也可造成多种害虫季节性多发型的形成,常常是许多农业害虫发生量和危害程度的季节性差异的主导因素。因此在测报工作中应注意研究季节性降雨与害虫消长的关系。

三、光

光对昆虫来说虽然不是一种生存条件,但外界光因素与昆虫的趋性、活动行为、生活方式等都有直接或间接的联系。光照周期是以每日内光照时数作为基本单位。

在自然界内各个气候因素是相互影响、综合的作用于病虫害的。所以,我们在分析病虫害的消长规律时,不能单根据某一项指标,而要注意综合影响作用,建立BP神经网络模型,确定病虫害的发生量与气候因子的关系。

4.2 反向传播(BP)神经网络

Rumelhart、McClelland和他们的同事洞察到神经网络信息处理的重要性,于1982年成立了一个PDP小组,研究并行分布信息处理方法,探索人类认知的微结构,1985年发展了BP网络(Back-Propagation Network,简称BP网络)学习算法,实现了Minsky的多层网络设想。

BP网络学习算法是利用实际输出与期望输出之差对网络的连接权由后向前逐层进行校正的一种计算方法。

目前,在人工神经网络的实际应用中,绝大部分的神经网络模型是采用BP网络和它的变化形式,它也是前向网络的的核心部分,体现了人工神经网络最精华的部分。

BP网络主要应用于:

- 1) 函数逼近: 用输入矢量和相应的输出矢量训练一个网络逼近一个函数;
- 2) 模式识别: 用一个特定的输出矢量将它与输入矢量联系起来;
- 3) 分类: 把输入矢量以所定义的合适方式进行分类;
- 4) 数据压缩: 减少输出矢量维数以便于传输或存储。

4.2.1 BP 网络结构

BP网络是基于BP误差传播算法的多层前馈网络,多层BP网络不仅有输入节点、输出节点,而且还有一层或多层隐含节点。三层BP网络的拓扑结构如图。包括输入层、输出层和一个隐含层。各神经元与下一层所有的神经元联结,同层各神经元之间无联结,用箭头表示信息的流动。

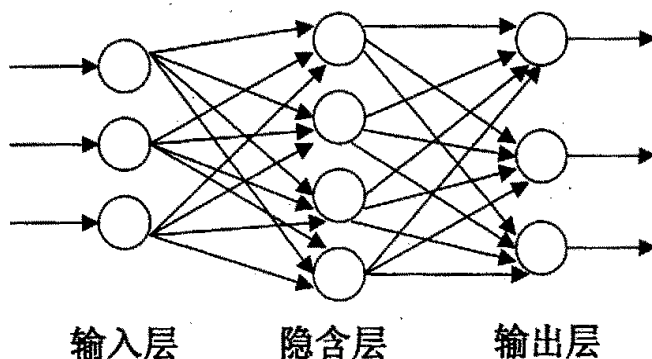


图4-2 BP网络结构图

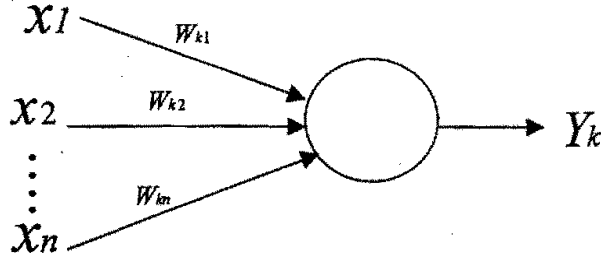


图 4-3 人工神经元图

在人工神经网络中，最基本的组成单位就是人工神经元如图所示，人工神经元相当于一个多输入多输出的非线性阈值器件。人工神经元的输出可以描述为：

$$Y_k = f\left(\sum_{j=1}^n w_{kj} x_j - \theta_k\right) \quad (4-2)$$

式中， x_1, x_2, \dots, x_n 为输入信号， $w_{k1}, w_{k2}, \dots, w_{kn}$ 为神经元k 的权值， θ_k 为阈值， $f(\cdot)$ 为激活函数， Y_k 为神经元k的输出。

神经元模型中的激活函数可以有多种不同的形式，常用的有以下几种：

1) 阈值函数

$$f(net) = \begin{cases} 1, & net \geq 0 \\ 0, & net < 0 \end{cases} \quad (4-3)$$

即阶梯函数。这时相应的输出 Y_k 为：

$$Y_k = \begin{cases} 1, & net_k \geq 0 \\ 0, & net_k < 0 \end{cases} \quad (4-4)$$

其中， $net_k = \sum_{j=1}^n w_{kj} x_j - \theta_k$ ，常称此种神经元为M-P模型

2) 分段线性函数

$$f(net) = \begin{cases} 1, & net \geq 1 \\ (1+net)/2, & -1 < net < 1 \\ 0, & net \leq -1 \end{cases} \quad (4-5)$$

它类似于一个放大系数为1的非线性放大器放大系数趋于无穷大时变成一个阈值单元。当工作在线性区域时它是一个线性组合。

3) Sigmoid函数(S型函数)

常用的Sigmoid函数有以下两种：

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (4-6)$$

$$f(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} \quad (4-7)$$

Sigmoid型函数由于其连续、可微的性质,得到了较广泛的应用。在BP网络中就采用了这种类型的激活函数。因为S型函数具有非线性放大系数功能,它可以把输入从负无穷大到正无穷大的信号,变成-1到+1之间的输出,对较大的输入信号,放大系数较小;而对较小的输入信号,放大系数则较大。所以采用S型激活函数可以去处理和逼近非线性的输入/输出关系。不过,如果在输出层采用S型函数,输出则被限制到一个很小的范围了,若采用线性激活函数,则可使网络输出任何值。在一般情况下,均是在隐含层采用S型函数,而输出层则采用线性激活函数。

4.2.2 BP 网络结构的确定

大量实践表明,增加隐含层的数目可以提高BP网络的非线性映射能力,但是隐含层的数目超过一定值,反而会使网络的性能降低。1989年,Hecht-Nielson证明了对于任何闭区间内的一个连续函数都可以用一个隐含层的BP网络来逼近^[68]。因而一个三层的BP网络可以完成任意的n维到m维的映射。因此本文将采用含有一层隐含层的三层BP网络。

BP网络的输入、输出层的神经元数目完全由使用者的要求来决定。输入层的神经元数由影响因素确定。本文以烟台栖霞市苹果虫害发生程度受自然因素的影响(平均气温、最低气温、日照时数、降雨量)为例,所以输入层的节点数为4。输出层的节点数为5(虫害发生程度分为五个级别)。把虫害发生程度分为1,2,3,4,5级,期望输出模式分别为(0 000 1), (0 0 0 1 0), (00 1 0 0), (0 1 0 0 0), (1 0 0 0 0),分别代表1级、2级、3级、4级、5级^[69]。

1) 隐含层神经元数的确定

网络训练精度的提高,可以通过采用一个隐含层,而增加其神经元个数的方法来获得^[70]。这在结构实现上,要比增加更多的隐含层要简单的多,那么究竟选取多少个隐含层节点合适呢?隐含层的单元数直接影响网络的非线性性能,它与所解决问题的复杂性有关^[71]。但问题的复杂性无法量化因而也不能有很好的解析式来确定隐含层单元数^{[72][73]}。

一般对于三层前向网络隐含层节点数有如下经验公式:

$$k < \sum_{i=0}^n c \binom{j}{i} \quad (4-8)$$

$$k \text{ 为样本数, } j \text{ 为隐含层节点数, } n \text{ 为输入层节点数, 如 } i > j, c \binom{j}{i} = 0$$

$$j = \sqrt{n + m} + \alpha \quad (4-9)$$

m为输出层节点数, n为输入层节点数, a为1-10的常数。

$$j = \log 2n \quad (4-10)$$

n 为输入层节点数。

2) 网络学习参数的选取

初始权值的选取

由于系统是非线性的, 初始值对于学习是否达到局部最小、是否能够收敛以及训练时间的长短关系很大。如果初始值太大, 使得加权后的输入落在激活函数的饱和区, 从而导致其导数 $f'(x)$ 非常小, 而在计算权值修正公式中, 因为 δ 正比于 $f'(x)$, 当 $f'(x) \rightarrow 0$ 时, 则有 $\delta \rightarrow 0$, 使得 $\Delta w_{ij} \rightarrow 0$, 从而使得调节过程几乎停顿下来。所以, 一般总是希望初始加权后的每个神经元的输出值都接近于零, 这样可以保证每个神经元的权值都能够在他们的S型激活函数变化最大之处进行调节。所以, 一般取初始权值在 $(-1, 1)$ 之间的随机数。另外, 为了防止上述现象的发生, 已有学者在分析了两层网络是如何对一个函数进行训练后, 提出了一种选定初始权值的策略, 选择权值的量级为 $\sqrt{s1}$, 其中 $s1$ 为第一层神经元数目。利用这种方法, 可以在较少的训练次数下得到较满意的结果。

学习速率的选取

学习速率决定每一次循环中所产生的权值变化量。大的学习速率可能导致系统的不稳定, 但小的学习速率将会导致学习时间较长, 可能收敛速度很慢, 不过能保证网络的误差值不跳出误差表面的低谷而最终趋于最小误差值。所以在一般情况下, 倾向于选取较小的学习速率以保证系统的稳定性。学习速率的范围一般选取在 $0.01-0.7$ 之间。和初始权值的选取过程一样, 在一个神经网络设计中, 网络要经过几个不同的学习速率的训练, 通过观察每一次训练后的误差平方和 $\sum e^2$ 的下降速率来判断所选定的学习速率是否合适。如果 $\sum e^2$ 下降很快, 则说明学习速率合适, 若 $\sum e^2$ 出现震荡现象, 则说明学习速率过大。对于每一个具体的网络都存在一个合适的学习速率。但对于较复杂的网络, 在误差曲面的不同部位可能需要不同的学习速率。

4.2.3 BP 网络的学习过程及训练步骤

由于BP网络有处于中间位置的隐含层, 并有相应的学习规则可循, 可训练这种网络, 使其具有对非线性模式的识别能力。特别是它的数学意义明确、步骤分明的学习算法, 更使其具有广泛的应用前景。

BP网络的学习过程主要有四部分组成:

- 1) 输入模式顺传播(输入模式由输入层经中间层向输出层传播计算);
- 2) 输出误差逆传播(输出的误差由输出层经中间层传向输入层);
- 3) 循环记忆训练(模式顺传播与误差逆传播的计算过程反复交替循环进行);
- 4) 学习结果判断(判定全局误差是否趋向极小值)。

BP网络训练步骤

1) 连接权初始化

网络训练开始时连接权值为未知数, 一般用较小的随机数作为各层连接权值的初值。

2) 计算各层神经元的输出值

$$y_j = f_1(\sum_{i=0}^N w_{ij} x_i + b_i) \quad (j=1,2,\dots,p)$$

$$z_k = f_2(\sum_{j=0}^p v_{kj} y_j + b_j) \quad (k=1,2,\dots,q)$$

式中, f_1, f_2 是激活函数, 为sigmoid 函数或者线性函数; w_{ij} 和 v_{kj} 分别为输入层与隐含层和隐含层与输出层之间的连接权值; b_i, b_j 分别为输入层和隐含层的阈值; y_j, z_k 分别为隐层的输出值和网络的实际输出值。

3) 连接权值的修正

连接权的修正采用梯度下降法, 每一次连接权值的修正量与误差函数的梯度成正比, 从输出层反向传递到各层, 各层的连接权修正量为:

$$\Delta w_{ij} = \eta \sum_{k=1}^q (t_k - Z_k) f_2' w_{kj} f_1' x_i \quad (i=1,2,\dots,q; j=0,1,\dots,p)$$

$$\Delta v_{kj} = \eta (t_k - Z_k) f_2' y_j \quad (j=1,2,\dots,p; k=0,1,\dots,N)$$

η 为学习速率

将初始权值与对应的调整量相加, 计算出新的权值, 如此循环直至输出层误差平方和达到设定值为止。

对于已训练好的网络, 若输入不在训练样本的一组数据时, BP网络利用训练过程得到的一组连接权值计算相应的响应输出, 得到要解决实际问题的解答。

BP网络学习过程框图如图4-5所示:

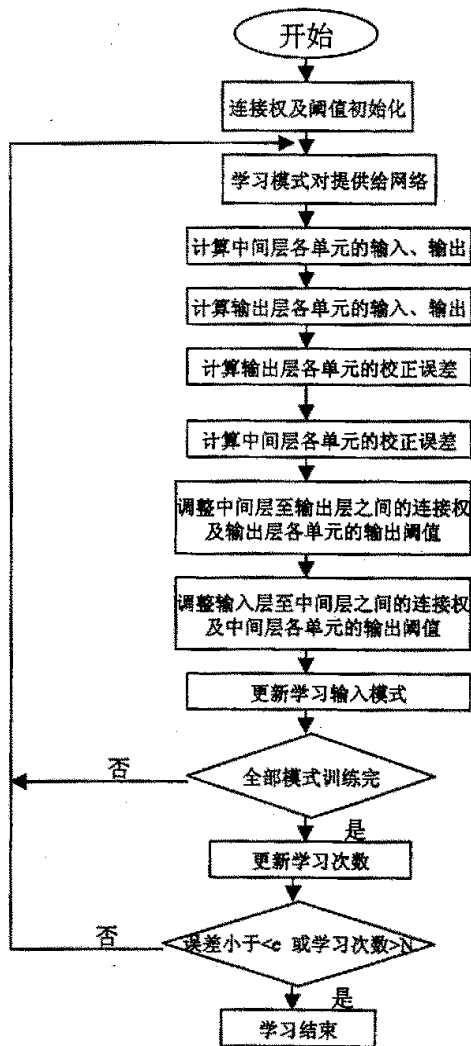


图4-5 Bp网络学习过程流程图

4.3 基于 BP 网络的虫害预测预报子系统的分析与设计

4.3.1 MATLAB 神经网络工具箱

在利用神经网络解决问题和程序设计时,必定会涉及到大量的有关数值计算的问题,这其中既包括一般的矩阵运算问题,如微分方法求解、优化问题等,也包括许多模式的正交化、最小二乘法处理和极大极小匹配等求解过程等等。尽管现代数值计算理论已经发展得很完善,多数计算问题都有高效的标准解法,但是,利用计算机对神经网络模型进行仿真和辅助设计时,仍然是件

很麻烦的事情。

MATLAB是MathWorks公司于1982年推出的一套高性能的数值计算可视化软件，它集数值分析、矩阵运算、信号处理和图形显示于一体，构成了一个方便的、界面友好的用户环境。在学术界和工业界都得到了广泛的应用。MATLAB具有程序可读性强、程序简单等特点，尤其是在编写含矩阵运算的复杂程序时，能给用户提供了极大方便^{[75][76]}。

MATLAB之所以功能强大是因为它提供了许多工具箱。如信号处理(signal processing)，控制系统(control system)，图像处理(image processing)，最优化(optimization)，神经网络(neural network)等工具箱。其中神经网络工具箱是以神经网络理论为基础，用MATLAB语言构造出典型神经网络的激活函数，如S型、线性等激活函数，使设计者对所选网络输出的计算，变成对激活函数的调用。另外，根据各种典型的修正网络权值的规则，加上网络的训练过程，用MATLAB编写出各种网络设计与训练的子程序，网络的设计者则可以根据自己的需要去调用工具箱中有关神经网络的设计训练程序，使自己从繁琐的编程中解脱出来，提高开发效率。

MATLAB神经网络函数介绍^[77]

1) 常用训练自适应函数如下表所示

表4-1 训练自适应函数功能表

函数名称	功能
trainb	根据已设定的权值和阈值学习函数对网络进行批量训练
trainc	根据已设定的权值和阈值学习函数对网络进行循环训练
traint	根据已设定的权值和阈值学习函数对网络进行随机训练
trains	根据已设定的权值和阈值学习函数对网络进行顺序训练
trainbr	采用贝叶斯正则化算法对网络进行训练
trainbfg	采用BFGS准牛顿反向传播算法对网络进行训练
traincgb	采用Powell-Beale共轭梯度反向传播算法对网络进行训练

2) newff指令

格式:

newff(PR,[s1,s2,...,sn],{TF1,TF2,...,TFN}, BTF, BLF, PF)

参数意义:

PR 输入向量的取值范围

Si 第I层的神经元个数，总共N层

Tfi 第I层的传递函数，缺省值为"tansig"

BTF Bp网络训练函数，缺省值为"trainlm"

BLF Bp网络权值和阈值学习函数,缺省值为"learnqdm"

PF 性能函数,缺省值为"mse"

执行结果:创建一个N层的BP神经网络。

3) sim功能:

对神经网络进行仿真。格式:

$$[Y, Pf, Af, E, perf] = \text{sim}(\text{net}, P, Pi, Ai, T)$$

$$[Y, Pf, Af, E, perf] = \text{sim}(\text{net}, \{Q, TS\}, Pi, Ai, T)$$

$$[Y, Pf, Af, E, perf] = \text{sim}(\text{net}, Q, Pi, Ai, T)$$

说明: sim函数用于实现神经网络仿真。在sim函数的调用形式中,输入net为神经网络对象,P为网络输入,Pi为输入延迟的初始状态,Ai为层延迟的初始状态,T为目标矢量。在函数返回值中,Y为网络输出,Pf为训练终止时的输入延迟状态,Af为训练终止时的层延迟状态,E为输出和目标矢量之间的误差,Perf为网络的性能值。

4.3.2 样本数据的处理

因为所有收集的数据往往不是在同一个数量级,我们将所收集的数据映射到[-1,1]之间进行归一化处理,这样有利于提高神经网络的训练速度。具体算法是^[74]

$$pn = 2 * (p - \min p) / (\max p - \min p) - 1$$

式中,p是所收集的一组数据,minp,maxp分别是这组数据的最小值和最大值,pn是映射后的数据。

4.3.3BP网络程序设计的MATLAB实现

在MATLAB环境下,BP网络的学习训练的程序设计主要是调用一些相应的函数。对此主要算法的程序设计如下

1. 网络的初始化

p=[样本输入向量]

t=[样本输出向量]

net=newff(minmax(p),[输入层单元数,隐含层单元数,输出层单元数],[第一层传递函数,第二层传递函数,第三层传递函数],, BP网络训练函数)

newff语句的作用是创建一个三层的BP网络。

2. 训练参数初始化

net.trainParam.show= 50 设定显示频率

net.trainParam.lr=0.01 初始学习速率, 一般取值范围是0.01到0.7之间

net.trainParam.mc=0.9 动量系数

net.trainParam.epochs=8000 最大训练次数

net.trainParam.goal= 1e-5 期望误差

3. 网络训练

```
[net,tr]=train(net,p,t)
```

调用train函数, 利用输入样本P和目标输出t训练网络net。

4.3.4 Matlab 与应用程序的接口

由于MATLAB本身一些不可克服的原因, 单独使用MATLAB实现具有图形用户界面的大型应用软件不是可行的, 经常需要其它软件如(Vb,Vc,Delphi等)同MATLAB协同工作。MATLAB应用程序接口(MATLAB Application Program Interface)是MATLAB系统提供的一个非常重要的组件, 通过该接口, 用户可以方便的完成MATLAB与外部环境的交互。

MATLAB提供了一系列的同外部程序的接口方法, 其中最方便的就是利用ActiveX同MATLAB进行交互。ActiveX一词最早是由Microsoft在1996年3月的Internet专业人员研讨会上提出的, 当时ActiveX指的是大会口号“ActiveX the Internet”, 仅仅是一种号召而远非具体的应用程序开发技术和体系结构。

ActiveX是一种基于Microsoft Windows操作系统的组件集成协议, 通过ActiveX, 开发者和终端用户可以选择由不同的开发商发布的面向应用程序的ActiveX组件, 并将他们无缝的集成到自己的应用程序中, 从而完成特定的目的。

在MATLAB中, 对两种的ActiveX技术提供了支持, 即ActiveX容器和ActiveX自动化, 其中ActiveX自动化包含了ActiveX自动化服务器和ActiveX自动化控制器两种类型的ActiveX组件

在Windows平台上, MATLAB可以作为自动化服务器。当MATLAB作为自动化服务器时, 它可以被Windows平台上任何可以作为自动化控制器的应用程序所使用, 一些典型的自动化控制器包括Microsoft Excel, Microsoft Access, Visual Basic和Visual C++等。通过MATLAB自动化服务器功能, 用户可以在自己的应用程序中执行MATLAB命令, 并通过MATLAB的工作空间中获取mxArray结构体数据及向MATLAB输送数据。

对Matlab对象的操作方法

对MATLAB自动化服务器的使用, 必须通过服务器所提供的三个方法, 即Execute, PutFullMatrix和GetFullMatrix。通过它们, 用户不但可以在MATLAB中执行任何合法的命令, 而

且可以向MATLAB输送数据，同时也可以从MATLAB中获取数据。

下面，对这三个方法进行说明。

1. Execute

语法: Execute([in] Command)

功能:用于执行一个合法的MATLAB命令。

说明:此函数的输入参数是字符串类型的合法的MATLAB命令，MATLAB将执行该字符串所包含的命令，并将结果以字符串形式输出，同时命令所产生的任何图形窗口都将被直接显示在屏幕上。

2. GetFullMatrix

语法: void GetFullMatrix(

[in] Name,

[in] Workspace,

[in,out] *pr,

[in,out] *pi)

说明:用于从MATLAB工作空间中获取一维或二维数组。Name为数组名，Workspace为工作空间，pr, pi分别指数组的实部和虚部。

3. PutFullMatrix

语法: void PutFullMatrix(

[in] Name,

[in] Workspace,

[in, out] *pr,

[in,out] *pi)

说明:用于向MATLAB工作空间中输出一个一维或二维数组。Name为数组名，Workspace为工作空间，pr, pi分别指数组的实部和虚部。

4.4 苹果虫害预测预报子系统的应用

4.4.1 BP 网络用于苹果虫害预测

山楂叶螨又名山楂红蜘蛛，属蛛型纲，叶螨科。在中国北方果区普遍发生。常以小群体在叶片背面主脉两侧吐丝结网、产卵，受害叶片先从近叶柄的主脉两侧出现灰黄斑，严重时叶片枯焦

并早期脱落^[78]。

山楂叶螨适生温度为 $25^{\circ}\text{C} \sim 28^{\circ}\text{C}$ ，一般适宜相对湿度为40%—70%，高温干旱是其大量繁殖的有利条件。山楂叶螨每年发生代数因地区气候等条件影响而有差异。翌春越冬雌性成螨出蛰上树时期的早晚和延续时间的长短与当年春季气温有密切关系。一般当连续日平均气温达到 10°C 以上时，越冬雌性成螨开始出蛰，整个出蛰期约40~50天。凡果园位于背风、向阳、高燥地方的，出蛰常较早，反之较晚。在同一棵树上，一般在树干基部及其周围土中的最先出蛰，而在主干、主枝和侧枝翘皮、枝叉处的出蛰较晚。冬型雌形成螨取食一周后，当日平均气温达到 16°C 以上时，开始产下第一代卵。随着气温的升高，发育速度加快，到7、8月份山楂叶螨的发生数量达到全年最高峰，如果防治不及时，尤其是6月份北方地区进入高温干旱的麦收期间，因劳动力紧张，放松防治，常会造成严重危害。基于此，本文利用神经网络模型建立了虫害预测预报系统，并通过烟台栖霞市2004年的山楂叶螨的发生程度来检验模型的效果。

前面章节对本子系统的两个主要知识点：神经网络和应用程序设计接口作了简要的介绍。本子系统使用Vb语言设计主界面，实现人机交互功能，同时建立VB对Matlab的调用，利用Matlab在后台完成网络的训练学习及预测。本子系统流程图如图4-6所示：

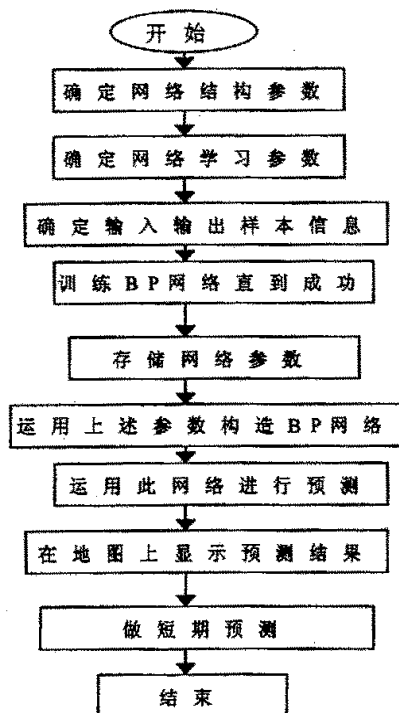


图4-6 Bp网络应用于苹果病虫害预测流程图

系统使用的数据是山东省烟台栖霞市区的六月份的气象数据、降雨量数据和山楂叶螨害虫发生程度数据，使用2001年到2003年六月份的数据作为BP网络的训练样本，使用2004年六月份的数据作为检测BP网络训练结果数据，下表是栖霞市2001年六月份的归一化处理之后的数据，2002年和2003年的数据类同。

表4-2 山东烟台栖霞市六月份归一化数据表

地区	平均气温	最低气温	日照时数	降水量	虫害程度
臧家庄镇	-0.007	0.0141	-0.375	0.089	1
苏家店镇	0.3147	0.4085	-0.1879	-1	1
寺口镇	0.8462	0.8732	0.4688	-0.3874	3
官道镇	1	0.9718	1	0.3979	2
观里镇	0.2028	0.2958	-0.0312	-0.377	1
杨础镇	-0.7063	-0.6338	-0.75	0.7696	1
蛇窝泊镇	0.0909	-0.1549	0.8125	-0.0681	1
唐家泊镇	0.4406	0.493	-0.0937	-0.8796	1
桃村镇	0.7483	0.7465	-0.125	-0.6963	2
庙后镇	0.7762	0.7042	-1	-0.6649	1
亭口镇	-0.007	0.0141	-0.375	0.089	1
松山镇	0.3147	0.4085	-0.1875	-1	1
西城镇	0.8462	0.8732	0.4688	-0.3874	3
栖霞市区	1	0.9718	1	0.3979	2

4.4.2 系统实现

该系统的人机交互界面如下图所示：

1. BP网络参数初始化

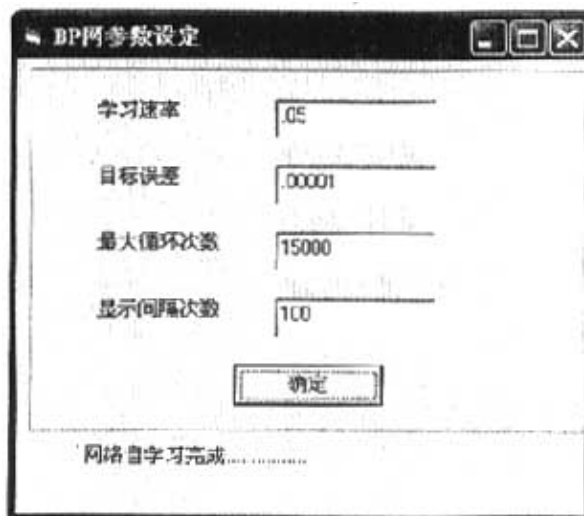


图4-7 BP网络参数初始化

图4-7主要完成对Bp网络的学习速率、目标误差、最大循环次数和显示间隔次数四个主要参数的设定；学习速率决定每一次循环中所产生的权值变化量。大的学习速率可能导致系统的不

稳定,但小的学习速率将会导致学习时间较长,可能收敛速度很慢;一般情况下,倾向于选取较小的学习速率以保证系统的稳定性。学习速率的范围一般选取在 0.01-0.7 之间。网络期望输出与网络的计算输出差的平方和的一半如果小于设定的目标误差,则说明该样本训练结果是收敛的,目标误差一般取一比较小的值。最大循环次数设定了网络训练样本的次数。显示间隔次数说明在 Matlab 网络训练误差界面中的训练曲线每隔多少次循环改变一次。

2. Bp 网络训练误差显示界面

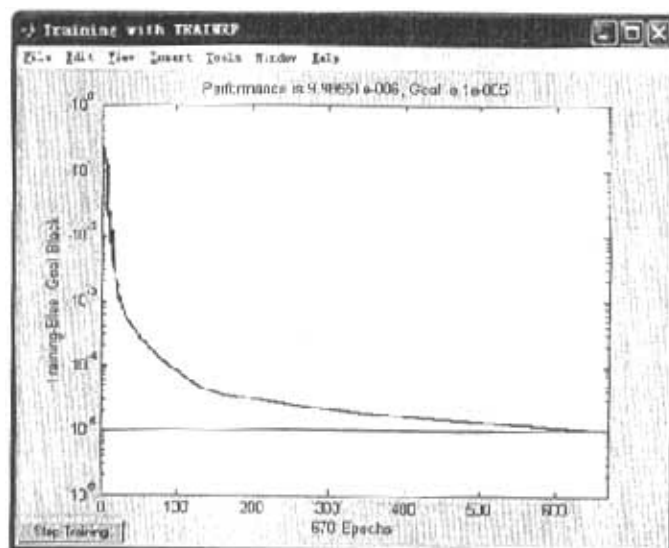


图4-8 网络训练误差变化

图4-8中的横线说明了系统设定的目标误差,曲线同该横线相交说明了,训练样本用于BP网络训练结果是收敛的;图的顶端显示了样本误差(图中是 9.98551×10^{-6})和系统设定的目标误差(1×10^{-5});图的底端显示了曲线的改变次数。

3. Bp预测主界面

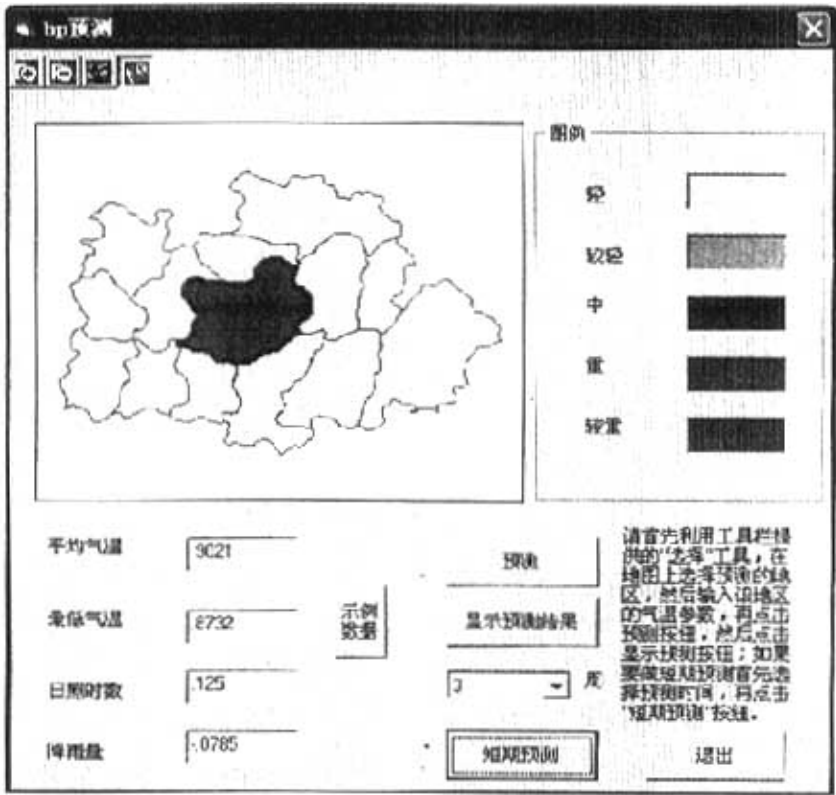


图4-9 Bp网络应用于苹果病虫害预测界面

预测功能主要是根据烟台栖霞市的某地区的平均气温、最低气温、日照时数和降雨量四个参数，输入已训练好的BP网络，然后取它的输出值作为最终的预测结果，然后在地图中显示出该地区的虫害等级。如图中所示提供了五种颜色来代表BP网络的输出。

系统还提供了短期预测的功能，主要目的是完成对病虫害在短期内扩散程度的模拟，可以完成一到八周的预测，也会在地图中显示出相应的结果。

系统还提供了三种基本的GIS操作：放大、缩小、恢复原貌

4.4.3 系统预测结果分析

系统完成的2004年的栖霞市山楂叶螨的虫害程度预测数据如下表所示：

表4-3 2004年山东烟台栖霞市六月份山楂叶螨发病程度数据表

地区	平均气温	最低气温	日照时数	降水量	虫害程度 实际值	虫害程度 预测值
臧家庄镇	0.0909	0.0282	0.2188	0.1571	1	1
苏家店镇	0.9021	0.8732	0.125	-0.0785	2	3
寺口镇	0.9161	0.8873	0.6875	-0.8691	3	4
官道镇	-0.0909	0	0.8125	-0.6073	3	3
观里镇	-0.07069	-0.2113	0.5625	-0.6335	1	2
杨础镇	-1	0.4789	0	-0.0314	1	2
蛇窝泊镇	-0.2168	-0.3239	0.0313	0.1047	1	1
唐家泊镇	0.1888	0.1268	0.2813	0.5131	1	1
桃村镇	-0.8042	-0.9155	-0.0625	-0.1099	1	1
庙后镇	-0.035	-0.1831	0.375	0.6545	1	1
亭口镇	0.1189	0.0423	-0.0312	-0.6754	1	1
松山镇	-0.6224	-0.7324	0.0625	-0.0209	1	1
西城镇	0.0909	0.0141	0.1563	-0.466	2	1
栖霞市区	0.4825	0.507	-0.3437	-0.4188	1	2

栖霞市2004年六月份山楂叶螨发生程度实际分布图和预测结果分布如图4-10和4-11所示：

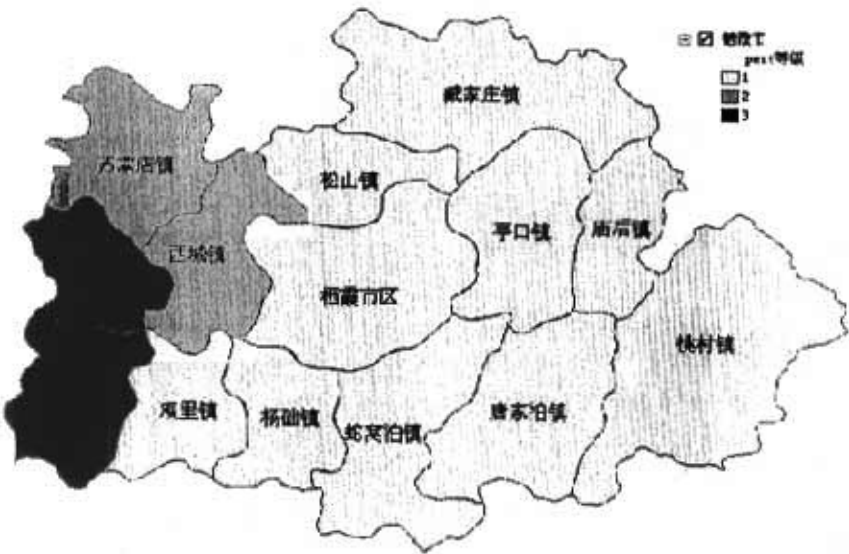


图4-10 2004年山东烟台栖霞市六月份山楂叶螨发病程度实际分布图



图4-11 2004年山东烟台栖霞市六月份山楂叶螨发病程度预测分布图

将实际分布图数据同预测分布图数据在Excel中做拟和处理结果下图所示，测定系数为0.789

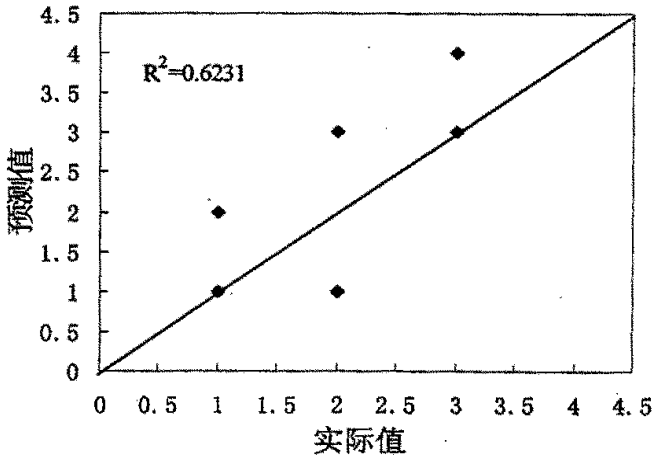


图4-12 2004年山东烟台栖霞市六月份山楂叶螨发病程度实际值与预测值拟和图

4.5 小结

- 1) 将农作物病虫害的基本预测预报方法和专家系统与人工神经网络作了详细的比较, 结果说明神经网络更适合用于农作物病虫害的预测预报; 分析了农作物虫害同气候因子间的相关性, 从而确定了针对苹果病虫害预测, 提出了与其相关性最大的四个因子: 平均气温, 最低气温, 降雨量, 日照时数。
- 2) 分析了BP网络的结构, 以及一般BP网络各层神经元个数确定的方法, 网络学习速率和连接权初始值选取的注意事项; 系统的分析了BP网络的学习规则和计算方法, 提出了适合本系统使用的计算方法。
- 3) 系统借助Matlab神经网络工具箱作为后台数据处理工具, 并利用Vb设计了人机交互界面, 完成了Vb与Matlab的无缝连接, 从而简化了程序设计工作量。
- 4) 对山东省烟台栖霞市的 2004 年的山楂叶螨的发病情况作了预测, 并对实际值和预测值作了比较, 结果表明系统可以完成预测功能, 达到了实际的要求。

第五章 苹果病虫害信息网络发布子系统分析与设计

5.1 系统需求分析

网络发布系统要求,客户端只要在自己的计算机上安装有IE(Internet Explorer)浏览器就可以浏览网页,查询自己想要的有关基本地理信息和病虫害的信息,尤其是各种专题图,统计图,预测预报的结果图。如果用户经查询得不到自己满意的结果,可以通过邮件或者上传自己果树病害相关部位的信息,然后系统管理员会请相关的专家给予诊断并将诊断结果入库,以不断丰富数据库的内容。

5.2 系统开发方案

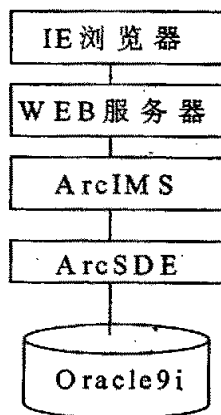


图5-1 网络发布系统配置方案

该子系统数据库与病虫害地理信息系统基础数据处理子系统使用同一个数据库Oracle9i,空间数据引擎仍然使用Esri公司的ArcSDE软件,地理信息网络发布软件采用Esri公司的ArcIMS软件,WEB服务器采用Bea公司的Weblogic作为WEB服务器^[24]。

基于 ArcIMS 来开发 WebGIS 多是利用了 ArcIMS 所提供的标准连接器 Servlet Connector,再用 ArcIMS 管理工具 Designer 用向导的形式来开发客户端,但这样开发出的客户端,界面的框架及所实现的功能已设定好了,自己定制的范围小,缺少灵活性,GIS 互操作性差。而利用 ArcIMS 所提供的 Java Connector 连接器进行 WebGIS 开发,则克服了以上缺点。采用 Java 为 Web 开发语言,并结合适合复杂交互系统的 JavaBean-JSP-Servlet 的 MVC 模式和 B/S 结构。

5.3 系统开发平台的搭建

ArcIMS 的安装及注意事项

ArcIMS 的安装可以总结成 5 个步骤: ①决定机器是否符合 ArcIMS 的系统要求, 比如硬件要求或软件要求; ②建立一个可访问的站点资源, 可以选择是将所有的 ArcIMS 组件都安装在同一台计算机上, 还是在不同的计算机上分别安装不同的组件; ③执行软件安装, 包括 Web 服务器, Servlet Engine (如果必要的话) 和 ArcIMS; ④配置 Web 服务器和 Servlet Engine; ⑤设置 ArcIMS 的环境参数。

在这 5 步中第 3、4 步是最为关键的两步, 下面介绍这两步具体安装过程以及注意事项。

笔者所安装的 ArcIMS 软件是 ArcIMS4.0 版本, 操作系统为 Win2000 professional SP3, 所选择的 Web 服务器为 Bea WebLogic Server, 所有组件安装在同一台计算机上。

选择 Bea WebLogic Server 作为 Web 服务器, 一方面因为它是一个 Java 应用服务器, 支持企业级的、多层次的和完全分布式的 Web 应用, 支持本地 Servlets, 不需要第三方的服务器引擎。二是最有效和充分的使用了系统资源, 如客户机和数据库的连接等, 可以支持每小时数百万个用户的数十万个请求^[24], 可以满足复杂而频繁的各种大数据量的 GIS 互操作。

首先, 安装 Web 服务器, 将 Weblogic6.1 安装在 C 盘下, 所有步骤取缺省值。接着安装 ArcIMS4.0, 在安 ArcIMS 之前, 需要在

c:\bea\wlserver6.1\config\mydomain\applications\DefaultWebApp\WEB-INF\ 目录下建立 classes 文件夹^[22]。

开始正式安装 ArcIMS 时, 需要注意

(1) 选择 Custom (定制) 安装, 选中 Application Server Connectors , 选中 JavaConnector。

(2) 将 Website and Output Directories 安装在

c:\bea\wlserver6.1\config\mydomain\applications\DefaultWebApp\目录下

(3) 将 Servlet Connector Directory 设定为

c:\bea\wlserver6.1\config\mydomain\applications\DefaultWebApp\WEB-INF\classes

其它步骤按缺省选项。

配置 Web 服务器的步骤如下:

(1) 在 c:\bea\wlserver6.1\config\mydomain\applications\DefaultWebApp\WEB-INF\classes 目录下确认是否存在以下子目录和文件

Com 目录

Esrimap_prop

ServletConnector_Res.properties

ServletConnector_Res_en_US.properties

WMSEsrimap_prop

如果这些文件不在此目录下, 需要导航到 <ArcIMS Installation Directory>\Connectors\Servlet 目录下, 并将以上文件复制到 classes 目录下。其中 Esrimap_prop 文件包含了 Servlet Connector 的属性信息, 包括是否使用 Servlet Connector、权限验证、会话超时时间等信息。

(2) 启动 weblogic 控制台, 在左边面板, 导航到 DefaultWebApp, 在右边的 Files 标签下, 选中 index Directories.

(3) 用记事本打开

c: \bea\wlserver6.1\config\mydomain\applications\DefaultWebApp\WEB-INF\web.xml 文件, 找到<web-app>行并在它下面添加如下的内容

```
<servlet>

<servlet-name>Esrimap</servlet-name>

<servlet-class>com.esri.esrimap.Esrimap</servlet-class>

</servlet>

<servlet-mapping>

<servlet-name>Esrimap</servlet-name>

<url-pattern>/servlet/com.esri.esrimap.Esrimap/*</url-pattern>

</servlet-mapping>
```

找到 <welcome-file-list> 行并在它下面添加如下的内容
<welcome-file>default.htm</welcome-file>,

并将原有的<welcome-file>index.html</welcome-file>删掉。

存储 Web.xml 并关闭文件, 并重新启动 WebLogic 服务器。

(4) 在控制面板中打开服务窗口, 依次停止 ArcIMS Tasker, ArcIMS Monitor 和 ArcIMS Application Server 三个服务, 并导航到 ArcIMS 安装目录, 将 Manager 目录复制到

c: \bea\wlserver6.1\config\mydomain\applications\DefaultWebApp 下

依次重新启动 ArcIMS ApplicationServer, ArcIMS Monitor 和 ArcIMS Tasker 三个服务。

(5) 打开任务栏程序菜单 ArcIMS 中的 ArcIMS Diagnostics, 测试 ArcIMS 安装, 注意将端口号改为 7001, 默认的端口为 80, 而 Weblogic 的端口为 7001。如果出现如下提示表示安装成功。

IMS v4.0

Build_Number=542.1360

Version=4.0

Test successful

注意: (1). 当第一次启动 ArcIMS Manager 工具中的 Administrator 时, 要更改 View 菜单下的 Site Properties 项, 将其中的 HTTP Location(URL)改为 http://localhost:7001, 否则在第一次启动时会因找不到服务器的端口而提示 http://localhost is invalid 。

(2). 当服务器出现问题需要重新安装时, 为了避免繁琐的配置过程, 可以先将

c:\bea\wlserver6.1\config\mydomain\applications\DefaultWebApp\

目录下的 manager、website、output、WEB-INF 文件夹暂时复制到一个临时的文件夹中, 特别注意还要将部署在 Web 服务器上的应用程序也复制出来。安装完 Web 服务器之后, 再将上述文件夹复制到原来的位置, 然后打开 C:\bea\wlserver6.1\config\mydomain 下的 config.xml 修改配置文件, 具体修改过程见下文的 Web 应用程序部署方法, 存储关闭 config.xml, 重新启动 Web 服务器即可。

ArcSDE 安装及注意事项

一、安装的前期准备:

1. 首先创建一个 Oracle 数据库实例用来存储 GIS 数据
2. 使用 sys 用户登陆, 在该数据库中创建一个表空间 sde 大小可以为 100MB
3. 创建 sde 用户, 设置表空间为 sde, 临时为 temp; 在角色标签中, 授予 sde 用户 connect 和 Resource 角色; 在系统权限中授予 sde 用户 Select Any Table 权限; 在限额中设置 sde 表空间为无限制。好了这样用户就设置正确了, 点击应用创建 sde 用户
4. 再打开方案->程序包->SYS, 选择 DBMS_LOCK, 鼠标右击选择授予权限, 授予 EXECUTE 给 Public; 用相同的方法授予 DBMS_PIPE 给 Public。

通过上面的操作, 准备工作就完成了, 可以开始安装 ArcSDE 软件了, 具体的安装可以通过安装程序提示界面完成。

二、配置 ArcSDE

配置 ArcSDE 主要是利用 oracle 中建立的数据库实例中创建的 sde 表空间和 sde 用户, 然后再建立 arcsde service, 通过控制面板中的管理工具中的服务 (services) 来启动, 一般情况下自己能够启动

三、测试连接

通过 catalog 连接是用户名和密码用 sde 用户, 密码输入在建立式输入的密码, 测试连接是否成功。

5.4 Web 应用程序开发步骤

第一步 建立应用程序环境

应用程序环境应该具有如图 5-2 所示的结构, 新建目录 map, 然后按照图 5-2 建立相应的子目录。

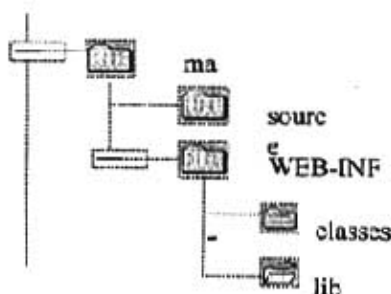


图 5-2 基于 Web 的应用程序树形目录结构

source 文件夹用来存储源程序, 包括 jsp 文件及各种 html 文件。WEB-INF 目录包含了有关 Web 应用程序的配置信息, classes 文件夹用来存储应用程序用到的一些 Java 类, lib 文件夹用来存储 ESRI 公司所提供的类库。应用程序部署到 Web 服务器之后, 服务器会到相应的目录查找相应内容。

第二步 编写 Web 应用程序配置描述符 web.xml, 并把它复制到 WEB-INF 目录下。Web.xml 文件中包含的信息是针对某一应用程序的配置信息, 包括部署的名字, 超时时间的设定, 可以在文件中修改这些信息以满足应用程序的需要。没有在 Web.xml 文件中单独设定的值取缺省值。服务器 servlet 引擎的 JSP 容器就是通过 Web.xml 来了解 Web 应用程序的配置信息。

第三步 利用 Java Connector 对象模型编写 Web 应用程序 map.jsp, 并将它复制到 source 目录下, 将 <ArcIMS Installation Directory>/Connectors/Java_Connector 目录下的 arcims_jconnect.jar, jsse.jar, jnet.jar, jcert.jar 四个文件复制到 WEB-INF\lib 目录下。

程序中所用到的大部分类都来自这四个打包的文件, 它们是由 Esri 公司提供给开发者的类库。

第四步 部署 web 应用程序

部署应用程序, 以实现网络发布地理信息。可以利用 Weblogic 的缺省控制台, 也可以手动部署, 下面介绍如何手动部署:

- 1) 将 arcims-tutorial 文件夹复制到 C:\bea\wlserver6.1\config\mydomain\applications 目录下
- 2) 打开 C:\bea\wlserver6.1\config\mydomain 目录下的 config.xml, 并添加如下内容

```
<Application
  Deployed="true" Name="map" path=".\\config\\mydomain\\applications">
  <WebAppComponent IndexDirectoryEnabled="true"
    Name="map" Targets="myserver" URI="map" />
</Application>
```

3) 保存关闭 config.xml

4) 关闭并重新启动服务器。

第五步 在客户端, 打开 IE 浏览器, 在地址栏中按如下方式输入网址 http://所要访问的服务器 Ip 地址/map/, 按回车键, 操作相应的结果。

5.5 系统功能测试

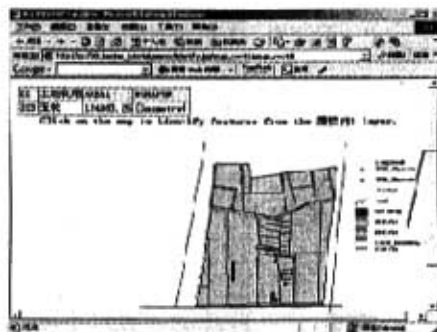
系统利用北京市精准农业示范工程的小汤山精准农业示范区的农田地理数据作为测试数据, 对系统进行了测试, 系统完成的主要功能为:

- 1) 地图远程显示功能, 包括放大缩小及漫游功能;
- 2) 通过地图来远程查询属性数据, 主要显示某一块田地利用情况及面积;
- 3) 基于 Web 的缓冲区分析, 完成查询示范区办公室附近 200 米范围内的水渠数, 并列出的性质;
- 4) 根据农作物亩产量分等级绘制产量分布图。

系统运行的部分界面如图 5-3 所示:



(a) 地图显示界面



图例显示

(b) 属性查询界面



(c) 产量等级显示界面

(d) 缓冲区分析界面

图 5-3 基于 Web 的农田地理信息系统主要功能显示界面

图 5-3(a)中是基本地图显示功能,包括了地图所包含的各个图层的颜色和名称以及叠放的顺序等信息,可以对地图进行放大缩小漫游等操作。图 5-3(b)中是属性查询功能,完成了对某一地块的面积和所种植的农作物的查询,点击相应的地块即可在界面上显示相应的信息,此功能也可用于查询其它图层的信息。图 5-3(c)中是亩产量分等级显示功能,完成了对不同的产量范围给予不同的颜色渲染,从图中可以直观的看出各个地块的产量情况,可以有针对性的对产量比较低的地块采取措施以节省能源提高效益。图 5-3(d)中是缓冲区分析功能,完成了两个图层(目标图层 building 和搜索图层 linetxt)之间的查询功能,所有在搜索半径内符合查询条件的 linetxt 图层的信息都会在界面上显示出来,此功能也可用来完成简单的诸如作物病虫害等在一定的时间内的扩散程度的预报功能。

5.6 小结

- 1) 提出基于 ArcIMS 所提供的 Java Conector 连接器来开发 WebGIS 的方法
- 2) 详细说明了系统开发平台搭建过程中, ArcIMS 和 ArcSDE 安装注意事项,服务器 Weblogic 配置注意事项
- 3) 提出了合理的 Web 应用程序开发步骤,并将它成功应用在北京市精准农业示范工程的小汤山精准农业示范区的农田地理信息管理 with 远程发布系统的开发过程中

第六章 烟台市苹果病虫害管理信息系统应用实现

6.1 系统结构

烟台市苹果病虫害管理与预测预报系统包括两个子系统，分别是烟台苹果病虫害数据处理子系统、烟台苹果虫害预测预报子系统和烟台苹果病虫害网络发布系统。系统的工作原理如下：首先将烟台市的各种地理数据和各种有关病虫害的属性数据经过烟台苹果病虫害数据处理子系统的处理，得出各种统计结果，包括专题图，曲线图以及病虫害的预测预报结果；然后将这些结果保存到Oracle数据库中，并且通过烟台苹果病虫害网络发布系统将这些结果发布出去，普通用户只需浏览器就可以查看有关烟台苹果病虫害的信息。而且在客户端还提供了用户上传图片和各种文字信息的功能，以达到不断丰富病虫害数据库的目的。系统结构图如图6-1所示。

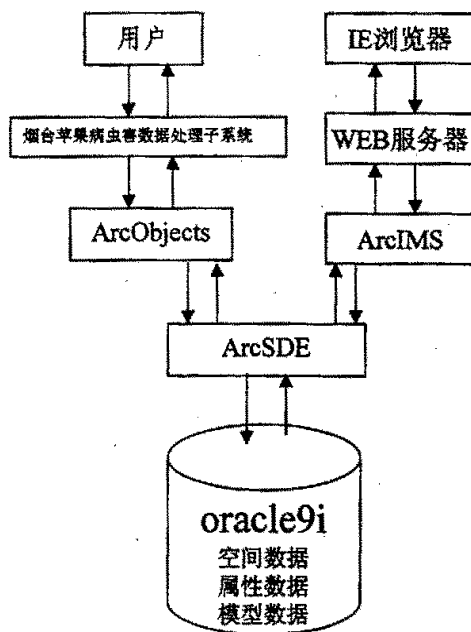


图6-1 烟台市苹果病虫害管理与预测预报系统系统结构图

6.2 数据库结构设计

本系统所涉及的数据分为空间数据和属性数据，系统中的空间数据使用的都是Shape格式的空间数据，通过ArcSDE将Shape文件添加到Oracle数据库中，以数据库表的形式来管理；属性数据包括苹果的种植面积、苹果的产量数据、以及各种气象数据等。数据库包括以下几个表：

表6-1 地区表

字段名	数据类型	用途
DistrictID	Varchar2	地区编号
SuperDistircID	Varchar2	上级地区编号
DistrictName	Varchar2	地区名称

表6-2 果树类型表

字段名	数据类型	用途
FruiterKindID	Varchar2	果树类型编号
FruiterKindName	Varchar2	果树类型名称

表6-3 果树品种表

字段名称	字段类型	用途
FruiterVarietyID	Varchar2	果树品种编号
FruiterVarietyName	Varchar2	果树品种名称
FruiterKindId	Varchar2	果树类型编号

表6-4 为害部位表

字段名称	字段类型	用途
HarmPartID	Varchar2	危害部位编号
HarmPartName	Varchar2	危害部位名称

表6-5 病虫害种类表

字段名称	字段类型	用途
DiseaseID	Varchar2	病虫害编号
DiseaseName	Varchar2	病虫害名称
DiseaseKind	Varchar2	病虫害类型
FruiterKindID	Varchar2	果树类型编号

表6-6 病害信息表

字段名称	字段类型	用途
InfoID	Varchar2	信息编号
DiseaseID	Varchar2	病虫害编号
HarmpartID	Varchar2	危害部位编号
DiseaseRule	Varchar2	发病规律
Symptom	Varchar2	症状
Ways	Varchar2	防治方法

表6-7 危害图片表

字段名称	字段类型	用途
ImageID	Varchar2	图片编号
InfoID	Varchar2	信息编号
Image	Blob	图片

表6-8 灾害程度对照表

字段名称	字段类型	用途
DiseaseGradeID	Varchar2	灾害程度编号
DiseaseGrade	Varchar2	灾害程度

表6-9 地区受灾程度表

字段名称	字段类型	用途
InfoID	Varchar2	信息编号
DistrictID	Varchar2	地区编号
Year	Varchar2	年份
DiseaseGradeID	Varchar2	灾害程度

表6-10 地区历史信息表

字段名称	字段类型	用途
DistrictID	Varchar2	地区编号
FruiterVarietyID	Varchar2	果树品种编号
Yield	Number	产量(吨 / 公顷)
Yvalue	Number	产值(元/公顷)
Parea	Number	种植面积(公顷)
Darea	Number	受灾面积(公顷)
Years	Varchar2	年份

表6-11 用户权限表

字段名称	字段类型	用途
RightID	Varchar2	权限编号
RightKind	Varchar2	权限级别

表6-12 用户单位表

字段名	字段类型	用途
UnitID	Varchar2	单位编号
SuperUnitID	Varchar2	上级单位编号
UnitName	Varchar2	单位名称

表6-13 用户信息表

字段名	字段类型	用途
UserID	Varchar2	用户编号
UserName	Varchar2	用户名
Userpwd	Varchar2	密码
UnitID	Varchar2	单位编号
DistrictID	Varchar2	地区编号
Phone	Varchar2	联系电话
RightID	Varchar2	权限编号

6.3 烟台市苹果病虫害信息管理系统实现界面及功能介绍

6.3.1 基础数据处理系统

1. 主界面:

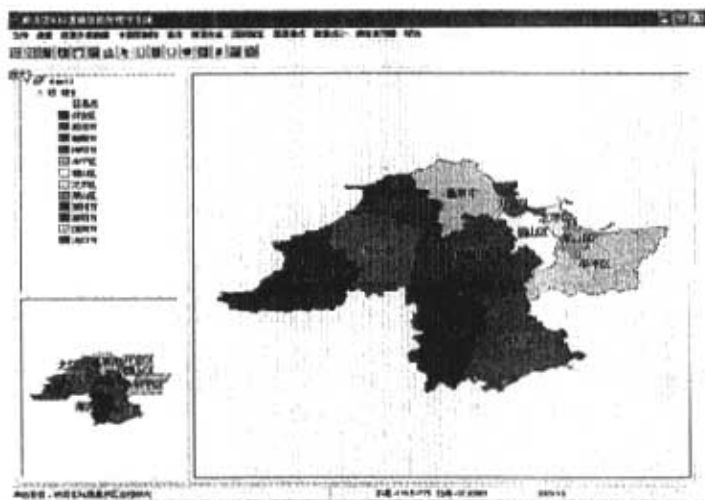


图6-2 数据处理子系统主界面

系统主界面包括菜单选项、工具栏、图例显示区、地图显示区、鹰眼和状态栏。

2. 查询功能

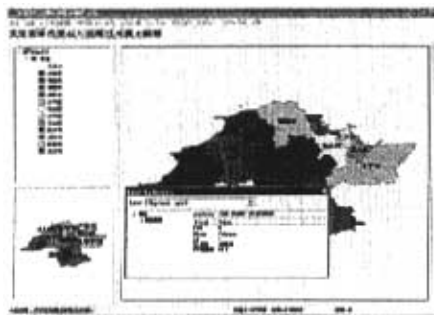


图6-3 点选查询

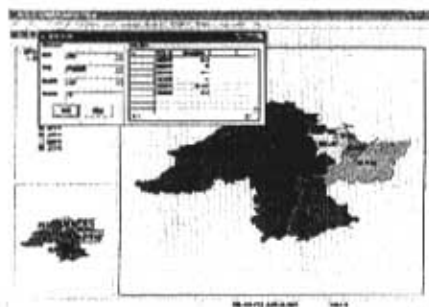


图6-4 条件查询

点选查询与条件查询的对象都是地图显示区中的各图层的数据，在点选查询过程中查询的是激活图层，而条件查询查询的图层可以通过选择组合框选择相应的图层，查询自己想要的结果。

3. 用户信息管理

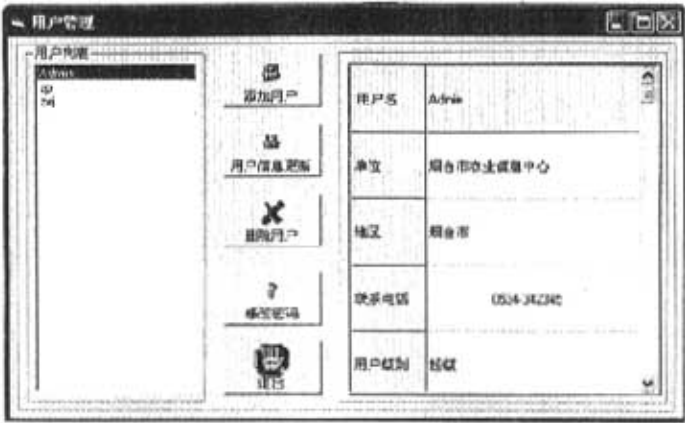


图6-5 用户信息管理

基础数据处理子系统针对三种用户：超级用户、高级用户和普通用户，不同的用户拥有的操作权限都不同，其中超级用户拥有的权限最大，可以添加用户，更改用户的信息，删除用户，而普通用户只能修改自己的信息和密码，而无权修改其他用户的信息。

4. 统计图制作

烟台市2003年苹果种植面积等级分布图，种植各种种类苹果面积饼状统计图，烟台市果品总产量和苹果总产量柱状统计图，三种统计图都提供了图例，形象直观的显示了2003年苹果种植分布情况。

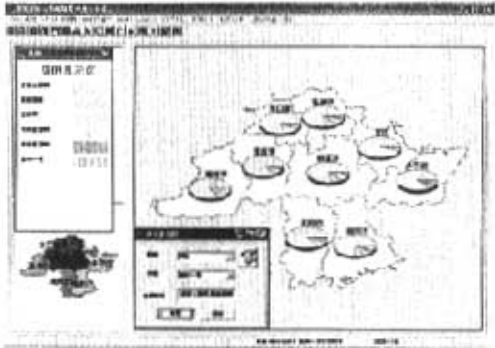


图6-6 种植各种种类苹果面积饼状统计图

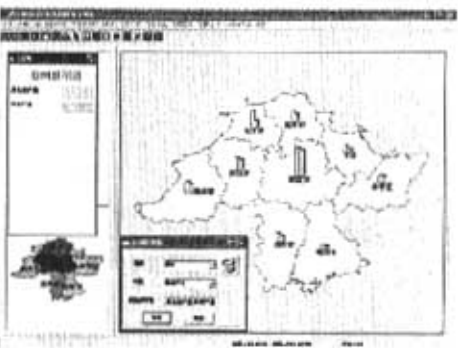


图6-7 果品总产量和苹果总产量柱状统计图

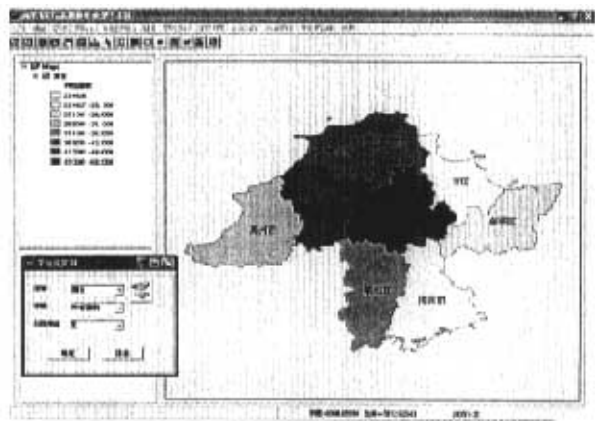


图6-8 苹果种植面积等级分布图

5. 病害信息录入界面

图6-9 病害信息录入

完成功能是将病害名称、危害部位、症状、防治方法和图片直接存储到Oracle数据库中，以供病害信息诊断模块使用。

6. 病害信息诊断界面

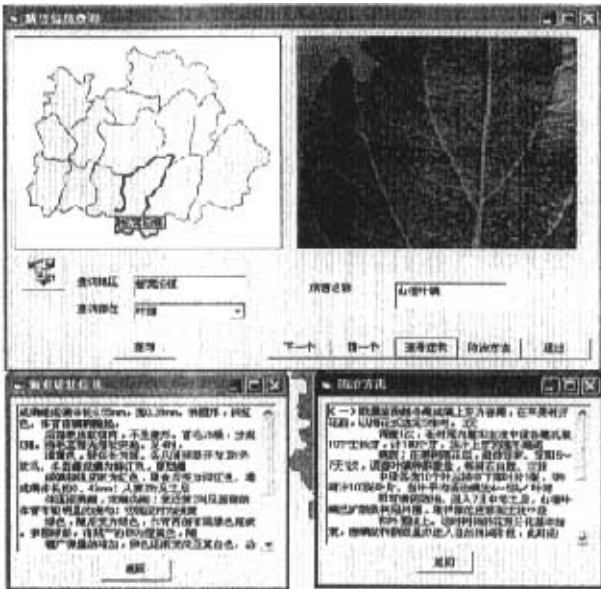


图6-10 病虫害诊断

该模块完成病虫害的诊断功能，给出了危害部位的图片、症状信息和防治方法，用户可以方便的查询。

6.3.2 网络发布系统

1. 主界面



图6-11 网络发布子系统主界面

主界面有三部分组成, 顶端显示访问时间和标题动画信息, 左侧是发布内容目录表, 包括苹果害虫信息, 病害信息, 各种专题图信息和病虫害预测预报信息, 右侧是烟台市2004年苹果种植面积分布图信息。

2. 苹果害虫信息界面



图6-12 苹果害虫信息查询

苹果害虫信息界面提供给用户有关苹果害虫的基本信息, 包括病害中英文名称、危害典型图片, 虫害分布地区, 形态特征, 发病规律, 防治方法等信息。用户可以通过网络很方便的查询有关害虫信息。

3. 专题图信息查询

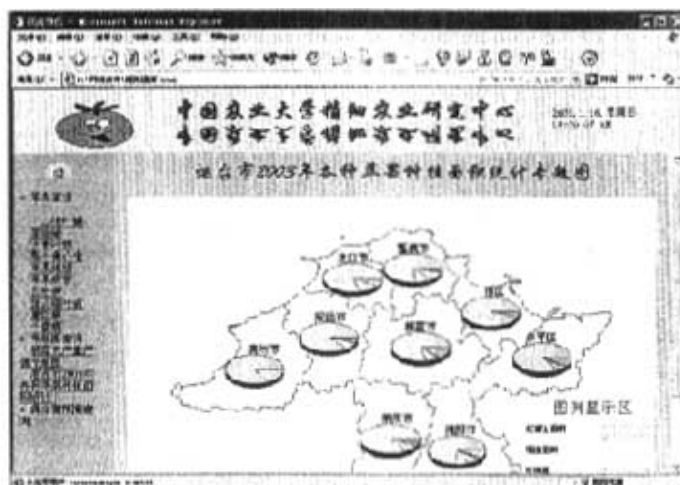


图6-13 专题图信息查询

图6-13显示的是烟台市2003年各种苹果种植面积统计专题图信息。

6.4 小结

本章结合国家863课题农业病虫害网络化远程诊断技术研究示范项目的启动,随着烟台市土地利用空间数据库的建立、田间数据插值分析、缓冲区分析、苹果病虫害信息管理与统计等工作的进行,对系统进行了具体应用,应用结果表明系统功能设置合理,使用方便,运行稳定,能够作为一种农业病虫害管理的有力工具。但在数据处理时,当数据量很大时,如插值运算,系统耗时过多,需要进一步优化算法,提高效率。

第七章 结论与展望

7.1 研究结论

本研究依托国家 863 课题农业病虫害网络化远程诊断技术研究与示范项目,完成了其中一个子系统——基于 GIS 的苹果病虫害管理信息系统的设计与开发工作,包括:基础数据处理子系统、果树虫害预测预报子系统和网络发布子系统;将 GIS 技术、人工神经网络技术和 Internet 技术很好的融合在一起,并利用山东省烟台市的空間地理性数据和苹果病虫害数据对系统进行了测试,得到了如下研究结果与结论:

1. 在基础数据处理子系统中,系统具有获取外部数据和将处理之后的数据以图片、新的 shape 文件和 Pdf 格式文件导出的功能、条件查询、空间查询、专题图制作、数据统计、图层编辑、插值分析等功能。测试与应用结果表明:该系统界面友好,功能设置合理,系统运行稳定,能够作为一种工具软件为农业病虫害管理、田间数据分析与精细农业研究提供支持。
2. 在病虫害预测预报子系统中,系统具有病虫害图片库维护、病虫害诊断、虫害预测预报功能。将 GIS 技术和人工神经网络技术很好的应用在苹果虫害的预测预报工作中,使得虫害的灾害程度以不同的颜色在电子地图中显示出来,形象直观。并且系统还提供了 1—8 周的短期预测功能。在山东省烟台栖霞市 2004 年山楂叶螨虫害预测中,真实值同预测值的相关系数为 0.7893。
3. 在病虫害网络发布系统中,系统提供了苹果病害信息查询、苹果虫害信息查询、专题图查询、预测预报结果查询等功能。用户只需通过网络即可查询相关的苹果病虫害的发病症状以及防治方法、各种统计结果和预测预报结果,为用户提供了方便。
4. 从系统的设计开发过程来看,使用灵活方便的螺旋式模型便于对系统进行评估、修改与完善。采用通用高级编程语言结合地理信息系统组件,是进行农用地理信息系统开发的一种比较好的开发方式即集成二次开发方式。使用通用编程语言可以比较方便的进行系统功能与界面的开发;而使用地理信息系统组件能够避免复杂的地理信息系统底层功能开发工作,既缩短了开发周期,减少了开发工作量,保证了系统的稳定性和可靠性,又可以实现系统的无缝集成,开发出各部分之间联系紧密、综合程度较高的田间地理信息系统。
5. 系统中提供的 IDW 插值方法,对落入每一栅格中的采样点数据采取平均值、最大值和最小值三种处理方法,测试结果表明这一方法的运算结果与 ArcInfo 软件中的 IDW 插值方法十分接近,相关系数为 0.9987,可以满足系统的要求。
6. 人工神经网络具有非线性函数动态处理能力,自组织、自适应和自学习功能,可用作建模处理。运用 BP 网络模型对苹果虫害的发生量进行预测预报,与现有的判别方法相比,具有通用性、客观性和科学性的特点。

7. 运用 MATLAB 神经网络工具箱不需要进行繁琐的编程, 它可以高效、准确、快速的建立 BP 网络模型对农作物的病虫害进行预测, 同时利用高级编程语言 (Vb) 设计人机交互界面, 完成对 Matlab 的调用, 这对农业生产的指导具有很高的应用价值。同时, 神经网络模型的建立, 提供了一种新的通用性的方法, 可应用于不同条件下的预测预报。

8. 利用 ArcIMS 作为地理信息的网络发布平台, 系统的提出了平台搭建的步骤与 Web 应用程序的开发步骤。

7.2 展望

课题研究虽然取得了一定的成果, 但对基于 GIS 的苹果病虫害管理信息系统而言, 仍然有很大的改进余地, 比如:

1. 系统采用的组件是 ESRI 公司的 ArcObject, 它并不是单独发行的软件包, 所以在系统开发平台搭建是必须安装一套 ArcInfo 软件, 利用 ArcInfo 软件里内带的 ArcObject 组件来开发, 这样便提高了开发的成本, 而现在 ESRI 公司在 2004 年 11 月推出了 ArcEngine 软件包, 它实际上是 ArcObject 的重新打包发行, 利用 ArcEngine 作为开发组件可以有效地降低软件的成本, 而性能可以得到保证。
2. 系统提供的 IDW 插值方法, 在数据量比较大时运算速度比较慢, 可以考虑改近 IDW 插值算法来提高速度, 比如加入平滑参数。
3. BP 网络的训练是从给定数据中归纳出输入与输出之间的复杂规律, 为了能够更加准确的对病虫害的发生量进行预测预报, 数据的收集工作应该尽可能的做到准确。
4. 提高网络的预测能力的主要途径有: 一、尽可能增加样本的涵盖面二、在输入中尽可能包括影响输出的主要因子; 三、确定适当的收敛误差大小. 对 BP 算法的优化, 可考虑采用遗传算法、小波分析和径向基函数作进一步的深入研究。
5. 对苹果病害的预测预报功能本文由于时间的原因并没有做深入的研究, 可以借鉴利用的 BP 网络模型对苹果虫害的预测预报方法做进一步的研究。
6. 在对苹果虫害做短期预测, 考虑扩散程度时, 可以再考虑该地区的盛行风向因素对虫害的影响, 并且相应的利用 GIS 技术在地图中直观的显示出来

第八章 参考文献

- [1] 张孝羲. 昆虫生态及预测预报, 中国农业出版社
- [2] 牟吉元. 昆虫生态与农业害虫预测预报, 中国农业科技出版社, 1990
- [3] 南京农学院主编昆虫生态及预测预报, 农业出版社, 1985
- [4] 张金恒, 朱德柱. 基于“3S”技术构建农业灾害监测信息系统, 灾害学, 2001, 2
- [5] 吴桂本, 王继秋, 王培松, 宫本义. 山东苹果主要病虫害化学防治技术, 农药科学与管理, 2001
- [6] 宋小东, 叶嘉安. 地理信息系统及其在城市规划与管理中的应用, 科学出版社, 北京, 第二版
- [7] <http://www.its.hc360.com/jishu/detail.asp?id=280>
- [8] 郭振才. 农业灾害成灾机理研究 [J]. 灾害学, 1999, 14(3):18-21
- [9] 蔡昆争. 人工神经网络在农业中的应用[J]. 农业系统科学与综合研究 2001, 17(1):54~56
- [10] http://www.gisforum.net/maindoc/simchin/gisforum/techpaper/wf0105102_1.htm
- [11] 赵君, 张明. WebGIS实现技术分析既互操作模型. 计算机应用研究, 2003, 20(2):10-12
- [12] 王欣, 郑贵州. 网络地理信息系统的特点与实现方法. 计算机与现代化, 2002, (8):40-44
- [13] 郭伦, 刘瑜, 马修军, 韦中亚, 田园. 地理信息系统原理方法和应用. 北京: 科学出版社, 2000, 1-300
- [14] 刘南, 刘仁义. WebGIS原理及应用技术—主要WebGIS平台开发上例. 北京: 科学出版社, 2002, 1-298
- [15] 王智学. Ros对象建模方法与技术. 北京: 机械工业出版社, 2003, 254-310
- [16] 刘波, 王克宏. Java程序设计. 北京: 清华大学出版社, 2000, 1-817.
- [17] Mark Wutka著, 程显华等译. JSP和Servlet程序设计使用专辑. 北京: 机械工业出版社, 2002, 1-139
- [18] 王军利. 基于对象—关系模型的WebGIS在土地利用规划管理信息系统的应用: [硕士学位论文], 北京: 中国农业大学, 2002
- [19] ArcInfo中国技术咨询与培训中心. ArcObjects VBA 开发教程, 2002
- [20] 谢建华, 陶红, 李培铮. 开发 WebGIS的一种新技术——ArcIMS技术[J]. 城市勘测, 2003, 第三期, 21-24.
- [21] 周涛. WebGIS技术的发展趋势[J]. 科技情报开发与经济, 2003, 第13卷, 第一期, 74-76.
- [22] ESRI 中国(北京)有限公司. *ArcGISTM* 系列产品介绍[R]. 北京: ESRI 中国(北京)有限公司, 2003. 2
- [23] 庄怀耀 邢超 孙朝阳. ArcIMS4.0 初级教程[M]. 北京: ArcInfo 中国技术咨询与培训中心, 2002.
- [24] 邢国庆等. J2EE 应用与 Bea Weblogic Server [M]. 北京: 电子工业出版社, 2003. 1-12.
- [25] 天宏工作室译. JSP 程序设计指南[M]. Gary Bollinger, 等, 北京: 清华大学出版社, 2002. 20-45.
- [26] ArcInfo 中国技术咨询与培训中心. ArcSDE 初级教程, 2002
- [27] Linker R., Seginer I., Gutman P O. Optimal CO₂ Control in a greenhouse modeled with neural networks [J]. Computers and Electronics in Agriculture, 1998, 19(3):289-310.
- [28] Elizondo D A, McClendon R W, Hooogenboom GL A et al. Neural network models for predicting flowering and physiological maturity of soybean[J]. Transactions of the ASAE, 1994, 37(3):981-988.
- [29] Major D J, Hill B D., Toure A. Prediction date in southern Alberta [J]. Canadian J. of Plant

- Science,1996,76:59-65.
- [30] Bochereau L.,P Bourguine,B Palagos.A Method for prediction by combing data analysis and neural networks[J].J Agric Engine Res,1992,51:207-216.
- [31] Midmore P.Forecasting sheepmeat production in Brirain:a netural network approach[J].Aberystwyth Rural economy Research Papers,1992,92:1.
- [32] Sembokuya Y.Demand analysis of vegetables and fruits with the method of neural network information processing theory.[J].Bulletin of the Faculty of Agriculture,Tottori University,1994,47:125-130
- [33] 袁泉,胡玉才,孙永厚.基于BP神经网络的预测方法应用研究[J].农业系统科学与综合研究,1998,14(4):261-163.
- [34] Yang Q.Classification of apple surface features using machine vision and neural networks [J].Computer and Electronics in Agriculture,1994,9:1-12.
- [35] Molto E,Harrell R C.Netural network classification of sweet potato embryos[J].SPIE Proceedings series,1993,1836:239-249.
- [36] Brons A,Rabatel G.,Ros F.et al.Plant grading by vision using neural networks and statistics [J].Computers and Electronics in Agriculture,1993,9(1):25-39.
- [37] Chen Y R,Delwiche S R,Hruschka WRLA.Calssification of hard red wheat by feedforward backporpagation neural networks [J].Cereal Chemistry,1995,72(3):3137-319.
- [38] 文新辉,陈开周.一种新的昆虫神经网络预测预报方法[J].系统科学与数学,1995,13(2):9-13.
- [39] 向卫国,何树林.用神经网络进行稻飞虱发生量及程度的预报[J].成都气象学院学报,1995,10(2):144-148.
- [40] 胡毅,毛建辉.四川稻瘟病发病率及其等级初探[J].成都气象学院学报,1994,9(4):60-67.
41. 蔡煜东,许伟杰.运用自组织人工神经网络模型预测柑桔溃疡病始建期[J].植物病理学报.1995,25(1):43-46.
- [42] Hepner G.F.,Logan T.,Ritter N.and Bryant N.Artificial neural network classification using minimal training set[J].Photogra Engun Rem Sens,1990,56:469-473.
- [43] 蔡煜东,李伟.遥感土地覆盖类型识别的自组织神经数模型[J].环境遥感,1995,10(2):132-136.
- [44] 蔡煜东,许伟杰.土壤类型分析的自组织人工神经网络模型[J].华北农学报,1994,9(3):81-85.
- [45] Yin Y.and Xu X.Applying neural net technology for multi-objective land use planning[J].J Environ Man,1991,32:349-356.
- [46] 浦瑞良,宫鹏,R. Yang.应用神经网络和多元回归技术预测森林产量[J].应用生态学报,1999,10(2):129-134.
- [47] 刘刚.支持精细农业实践的农田空间分布信息处理的方法与试验研究[博士论文].中国农业大学,2001
- [48] McBratney,A.B.,B.M. Whelan,R.A. Viscarra Rossel.1996.Spatial Predication for Precision Agriculture.Precision Agriculture:Proceedings of the 3rd International Conference,Robert P.C.,R.H.Rust,W.E,Larson,(Eds.),Maddision,Wisconsin,ASA,CSSA,SSSA,June 23-26,1996,pp331-342
- [49] 毋河海,龚健雅.地理信息系统(GIS)空间数据结构与处理技术.测绘出版社,1997
- [50] 汤国安,赵牡丹.地理信息系统.北京:科学出版社,2001.
- [51] 党安荣,贾海峰,易善祯等, ArcGIS 8 Desktop 地理信息系统应用指南.清华大学出版社,2002
- [52] 邝继双.基于GIS组件的农田空间信息管理系统的开发研究,2003
- [53] 熊范纶.农业专家系统及开发工具,清华大学出版社,1999
- [54] 王耀南.智能控制系统模糊逻辑.专家系统.神经网络控制,湖南大学出版社
- [55] 江丽,甄少华.基于BP神经网络的液压系统故障诊断专家系统,机床与液压,2002,4
- [56] 蔡航.基于神经网络的医疗诊断专家系统,医学杂志,2002,15(4)
- [57] 张小光,刘金德,林家骏.射线焊缝缺陷识别的专家系统,煤矿机械,2002,11
- [58] 巫影,陈定方等.神经网络综述,科技进步与对策,2002,6
- [59] 楼顺天,施阳.基于Matlab的系统分析与设计—神经网络,西安电子科技大学出版社,2000

- [60]焦李成.神经网络的应用于实现,西安电子科技大学出版社,1995
- [61]胡守仁主编.神经网络导论,国防科技大学出版社,1992
- [62]丛爽.面向Matlab工具箱的神经网络理论与应用,中国科学技术大学出版社,1999
- [63]Stuart Russel, Peter Norvig. 人工智能——一种现代方法(英文版),人民邮电出版社,2002
- [64]闵惜琳,刘国华.用Matlab神经网络工具箱开发BP网络应用.计算机应用,2001,21(8)
- [65]刘晔,夏建生.Matlab下神经网络工具箱的开发和应用.微型机与应用,2000,19(4):14-16
- [66]张孝羲,程遐年,耿济国.害虫预报原理和方法,农业出版社,1979
- [67]张孝羲,周立阳.害虫预测预报基础知识,昆虫知识,1995,32(1):55-60
- [68]Hecht Nielson R. Neurocomputing. Addison Wesley, 1990
- [69]田家伦,殷世才.旋转回归分析在预防病虫害中的作用,数理统计与管理,2000,19(1):20-24
- [70]廖宁放,高雅允. Bp神经网络用于函数逼近的最佳隐层结构. 北京理工大学学报, 1998, 18(4)
- [71]李耀勇,郑南宁.前馈神经网络的隐节点个数与网络推广能力的关系. 西安交通大学学报, 1996, 30(9)
- [72]张立明.人工神经网络的模型及应用,复旦大学出版社,1992
- [73]袁曾任.人工神经元网络及应用,清华大学出版社,2000
- [74]Neural Network Toolbox User's Guide. The Mathworks, Inc, 1994
- [75]张志勇.掌握和精通Matlab.北京航空航天大学出版社,1997
- [76]陈以新. Matlab的几则程序设计经验, 计算机应用, 1999, 19(9):54-56
- [77]闻新,周露,李翔等, Matlab神经网络仿真与应用, 2003
- [78]邱强. 原色苹果病虫害综合治理, 中国科学技术出版社, 1995

致谢

首先感谢我的导师李民赞教授和合作指导老师刘刚副教授。没有他们在选择科题、设计方案和撰写论文方面的精心指导，本文是不可能完成的。在中国农业大学精细农业研究中心学习和工作的这段日子里，两位老师的正直的人格，渊博的知识和对工作认真负责的态度都在潜移默化的影响着我。他们的谆谆教诲将会让我受益终身。

感谢以中国工程院院士汪懋华为领导的中国农业大学精细农业研究中心为我的研究工作所提供的各种优越的条件，这些是保证我的研究工作按时完成所必不可少的。

感谢课题合作单位中国农业大学农业信息技术研究中心的李道亮教授和张键老师，他们在项目的关键时期所给予的关注，以及各方面的支持，保证了研究工作的顺利进行。

感谢课题合作者河北农业大学人工智能中心的刘薇和杨志芳同学所给予的帮助和支持。

感谢北京煜邦电力公司的穆军经理和黄朝华工程师在项目技术方面的指导，保证了项目所采用技术的可行性和先进性。

感谢同实验室的师兄师弟师妹们对我的帮助。

最后非常感谢我的父母和亲人，他们在学习、生活方面的鞭策与鼓励是我最大的动力。

十九年的学习生涯即将结束，希望我在学习方面取得的成绩能够令他们感到欣慰。

赵朋

二零零五年二月二十六日晚

中国农业大学精细农业研究中心

作者简介

赵 朋：男，1979 年 2 月出生，山东潍坊人，1998 年 9 月考入山东理工大学计算机学院计算机应用专业，2002 年 7 月获得工学学士学位，同年考入中国农业大学信息与电气工程学院攻读硕士学位，师从李民赞教授，主要研究方向为电子信息技术在农业中的应用。

发表论文：

第一作者：

- 1、<<基于 ArcIMS 开发 WebGis 的一种方法及应用>> 计算机应用研究
- 2、<<A method to develop WebGIS based on ArcIMS and application>>CIGR 国际农业工程大会

第二作者：

- 1、<<Estimation of soil moisture content with Ground-based remote sensing in farmland>> Proceeding of SPIE (5655),2004

第三四作者：

1. <<基于自然光照反射光谱的温室黄瓜叶片含氮量预测>>农业工程学报
- 2.<<Investigation of crop Nitrogen content with Ground-based Remote Sensing in Green house>> Proceeding of SPIE (5655),2004

参加项目：

国家 863 课题：基于 GIS 的农业病虫害广域分析

北京市科委项目：温室生物信息与环境信息采集技术研究

上海市精细农业项目：测产系统在精细农业中的应用