

庄立伟 何延波 侯英雨 等 编著

# 农业重大气象灾害 综合服务系统 开发技术研究

# 农业重大气象灾害综合服务系统 开发技术研究

庄立伟 何延波 侯英雨 等 编著

## 内容简介

本书为国家科学技术部“十一五”科技支撑计划重点项目“农业重大气象灾害监测预警与调控技术研究”之第10课题——“农业重大气象灾害综合服务技术集成系统研究”的重要阶段性研究成果,主要介绍了我国农业气象灾害监测预警系统研究近况,详细阐述了遥感信息数据处理技术、地理信息系统和数据库系统在农业重大气象灾害监测预警中的应用,以及农业气象灾害综合服务系统集成开发技术等方面的研究进展,可为从事相关领域的科研业务人员提供参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

农业重大气象灾害综合服务系统开发技术研究/庄立伟等编著.

北京:气象出版社,2009.3

ISBN 978-7-5029-4618-0

Ⅰ.农… Ⅱ.庄… Ⅲ.农业气象—气象灾害—气象服务—  
系统开发—研究 Ⅳ.S42

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 199731 号

## 农业重大气象灾害综合服务系统开发技术研究

Nongye Zhongda Qixiang Zaihai Zonghe Fuwu Xitong Kaifa Jishu Yanjiu

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街46号

总 编 室:010-68407112

网 址: <http://www.cmp.cma.gov.cn>

责任编辑:郭彩丽 王桂梅

封面设计:王 伟

印 刷:北京中新伟业印刷有限公司

开 本:787 mm×1092 mm 1/16

字 数:378千字

版 次:2009年3月第1版

印 数:1—1000

定 价:45.00元

邮政编码:100081

发 行 部:010-68409198

E-mail: [qxcbs@263.net](mailto:qxcbs@263.net)

终 审:章澄昌

责任技编:吴庭芳

印 张:14.75

插 页:4

印 次:2009年3月第1次印刷

## 编 委 会

主 编：庄立伟

副主编：何延波 侯英雨

编 委：吴焕萍 王良宇 李 轩 陈 晖

王建林 吕厚荃 郭安红 杨霏云

# 前 言

我国农业气象灾害发生频繁,对农业生产和国家的粮食安全构成了严重威胁。开展重大农业气象灾害的监测、预警和调控技术研究具有非常重要的意义。但是,仅有监测、预警和调控技术,而不去实现研究技术成果转化和业务服务的实际应用,所有的技术将无法转化为生产力,不能发挥其应有的作用。建立重大农业气象灾害综合服务技术集成系统并实现业务化运行,制作并及时、准确地发布重大农业气象灾害监测、预警和调控信息,为农业防灾减灾和可持续发展提供气象保障,最大限度地减少重大农业气象灾害造成的损失,对经济发展和社会进步都具有十分重要的现实意义。

为此,国家科学技术部在“十一五”科技支撑计划重点项目“农业重大气象灾害监测预警与调控技术研究”中,设置了“农业重大气象灾害综合服务技术集成系统研究”课题,由中国气象局国家气象中心主持,中国气象科学研究院协作,组织有关科技人员开展研究与技术开发,力争在5年内着力解决重大农业气象灾害综合服务系统的关键技术问题。课题共设六个专题,分别是系统总体集成设计与研发、农业重大气象灾害监测预警系统集成技术、重大农业气象灾害影响评估系统集成技术、多元遥感资料处理分析系统研发、农业干旱和低温灾害调控技术查询系统研发,以及农业重大气象灾害监测预警调控服务产品的制作与基于 WebGIS 的农业重大气象灾害信息发布系统研发等。计划在项目的相关研究成果基础上,研发一个基于地基、空基和天基立体监测的农业重大气象灾害综合服务技术集成系统并业务化运行,实现多种农业气象灾害监测预警和调控综合服务等产品制作与发布,包括北方农业干旱监测预警、北方农业低温冷害监测预警、华南寒害监测预警、长江中下游高温热害监测预警、森林草原火灾监测预警以及北方农业干旱和低温冷害调控、农业气象灾害对农业影响评估等灾害监测、预警信息,为我国农业防灾减灾和可持续发展提供有力的气象保障服务。

为了更好地开展研究和技术开发,解决其中的关键技术问题,取得创新性成果,将来能够应用于业务服务,课题组专家在较短的时间内编写了《农业重大气象灾害综合服务系统开发技术研究》一书。该书介绍了我国农业气象灾害监测预警系统研究近况,详细地论述了遥感信息数据处理技术、地理信息系统和数据库系统在农业重大气象灾害监测预警中的应用,以及农业气象灾害综合服务系统集成开发技术等方面的研究进展,为课题下一阶段的研究工作打下了很好的基础,同

时可为从事相关领域的科研业务人员提供参考和借鉴。

全书由庄立伟主持编写,其中第1章由庄立伟执笔;第2章由侯英雨执笔;第3章由何延波、庄立伟、吴焕萍、李轩执笔;第4章由陈晖、李轩、何延波执笔;第5章由王良宇、庄立伟执笔。感谢吕厚荃研究员提供有关农业干旱研究技术与土壤水分监测业务流程,杨霏云高级工程师提供有关东北作物冷害监测的技术方法与业务流程,郭安红博士提供有关作物病虫害气象等级预报的技术方法与业务流程等部分素材。

由于本书编写时间较紧,加之目前的计算机、网络、地理信息系统以及数据库系统等现代信息技术在各种农业气象灾害的监测、预警、调控等各方面的应用研究成果不多,面向农业气象服务的大型专业服务系统的开发技术也不是很成熟,书中的文字和有关数据、图表、文献难免存在一定的疏漏和不足之处,也可能存在一定的错误,敬请有关专家予以批评指正,以便进一步完善。

庄立伟

2008年11月9日



# 目 录

## 前言

|                               |       |
|-------------------------------|-------|
| <b>第 1 章 农业气象灾害监测预警系统研究近况</b> | ( 1 ) |
| 1.1 概述                        | ( 1 ) |
| 1.2 遥感技术在干旱、冷害等灾害监测中的应用       | ( 1 ) |
| 1.2.1 干旱遥感监测技术                | ( 2 ) |
| 1.2.2 低温冷害、高温热害监测技术初步应用       | ( 2 ) |
| 1.2.3 洪涝遥感监测技术                | ( 3 ) |
| 1.3 地理信息技术在农业气象灾害监测中的应用       | ( 3 ) |
| 1.4 我国农业气象灾害监测预警系统研究进展        | ( 4 ) |
| 1.4.1 农业气象灾害监测系统研究进展          | ( 4 ) |
| 1.4.2 农业气象灾害预测、评估系统研究进展       | ( 5 ) |
| 1.4.3 农业气象灾害监测预警技术研究的重要突破     | ( 6 ) |
| 参考文献                          | (12)  |
| <b>第 2 章 遥感信息数据处理与应用技术开发</b>  | (13)  |
| 2.1 遥感技术发展概况                  | (13)  |
| 2.1.1 遥感的几个概念                 | (13)  |
| 2.1.2 遥感信息获取技术发展概况            | (14)  |
| 2.1.3 主要遥感平台及其传感器             | (17)  |
| 2.2 陆地资源遥感资料处理技术              | (21)  |
| 2.2.1 遥感图像预处理                 | (22)  |
| 2.2.2 遥感图像增强处理                | (25)  |
| 2.3 极轨气象卫星资料处理技术              | (27)  |
| 2.3.1 资料格式说明                  | (27)  |
| 2.3.2 极轨气象卫星 1B 数据的基本处理       | (28)  |
| 2.4 遥感干旱监测应用技术                | (29)  |
| 2.4.1 基于地表反射率和发射率的干旱指数        | (29)  |
| 2.4.2 基于地表水和能量平衡模型的干旱指数       | (31)  |
| 2.5 遥感资料预处理系统结构设计与初步实现        | (31)  |
| 2.5.1 系统设计原则及系统结构             | (32)  |
| 2.5.2 系统实现中的关键技术              | (33)  |
| 2.5.3 遥感应用产品的反演技术             | (34)  |

|                                             |              |
|---------------------------------------------|--------------|
| 2.5.4 遥感资料的预处理系统的初步功能 .....                 | (35)         |
| 参考文献 .....                                  | (39)         |
| <b>第3章 地理信息系统应用技术开发 .....</b>               | <b>(40)</b>  |
| 3.1 地理信息系统及其应用 .....                        | (40)         |
| 3.1.1 地理信息系统的产生和发展 .....                    | (40)         |
| 3.1.2 地理信息系统的组成 .....                       | (42)         |
| 3.1.3 地理信息系统的功能 .....                       | (44)         |
| 3.1.4 地理信息系统的主要应用领域 .....                   | (46)         |
| 3.1.5 地理信息系统在农业气象领域中的应用 .....               | (47)         |
| 3.2 地理信息系统在土壤水分监测中的应用技术 .....               | (51)         |
| 3.2.1 土壤水分监测业务 .....                        | (51)         |
| 3.2.2 土壤水分监测空间分析 .....                      | (54)         |
| 3.2.3 土壤水分业务系统建设 .....                      | (58)         |
| 3.3 地理信息系统在农业干旱监测预报中的应用技术 .....             | (62)         |
| 3.3.1 农业干旱监测业务 .....                        | (62)         |
| 3.3.2 综合干旱监测合成方法 .....                      | (64)         |
| 3.3.3 综合干旱监测模型 .....                        | (66)         |
| 3.4 地理信息技术在作物冷害监测预测中的应用 .....               | (74)         |
| 3.4.1 基于温度指标的东北作物低温冷害动态监测技术 .....           | (74)         |
| 3.4.2 基于作物模型的东北玉米低温冷害监测预报技术 .....           | (80)         |
| 3.4.3 基于 GIS 的东北作物低温冷害监测预报业务系统的设计与实现 .....  | (83)         |
| 3.5 地理信息技术在病虫害气象等级预报中的应用 .....              | (90)         |
| 3.5.1 主要的病虫害 .....                          | (91)         |
| 3.5.2 区域病虫害发生发展气象等级预报方法 .....               | (93)         |
| 3.5.3 基于 GIS 的病虫害发生发展气象等级预报业务系统的设计与实现 ..... | (96)         |
| 3.6 基于 ArcGIS 的农业重大气象灾害服务系统设计与实现 .....      | (102)        |
| 3.6.1 ArcGIS 的二次开发 .....                    | (102)        |
| 3.6.2 平台总体设计 .....                          | (106)        |
| 3.6.3 系统功能设计 .....                          | (111)        |
| 3.6.4 主要技术 .....                            | (112)        |
| 参考文献 .....                                  | (114)        |
| <b>第4章 数据库系统应用技术 .....</b>                  | <b>(117)</b> |
| 4.1 数据库系统的发展与应用状况 .....                     | (117)        |
| 4.1.1 数据库系统的发展 .....                        | (117)        |
| 4.1.2 数据库系统的设计 .....                        | (118)        |
| 4.1.3 数据库系统的应用 .....                        | (119)        |
| 4.2 基于 Oracle9i 的农业气象数据库系统 .....            | (123)        |
| 4.2.1 关系数据库管理系统 Oracle9i .....              | (123)        |
| 4.2.2 基于 Oracle9i 的农业气象数据库的设计与实现 .....      | (124)        |



|              |                                       |              |
|--------------|---------------------------------------|--------------|
| 4.3          | 基于 Oracle9i+ArcGIS SDE92 的空间数据库 ..... | (132)        |
| 4.3.1        | ArcSDE 介绍 .....                       | (133)        |
| 4.3.2        | 农业重大气象灾害空间数据库设计与实现 .....              | (136)        |
| 4.3.3        | 农业重大气象灾害空间数据库的数据安全与使用策略 .....         | (143)        |
| 4.4          | 农业气象综合数据库应用服务系统开发技术 .....             | (148)        |
| 4.4.1        | 需求分析 .....                            | (148)        |
| 4.4.1        | 总体设计 .....                            | (148)        |
| 4.4.3        | 功能设计 .....                            | (149)        |
| 4.4.4        | 系统运行模式与开发环境 .....                     | (151)        |
| 4.4.5        | 系统相关开发技术 .....                        | (151)        |
| 4.4.6        | 数据库应用系统的初步实现 .....                    | (154)        |
|              | 参考文献 .....                            | (157)        |
| <b>第 5 章</b> | <b>农业气象灾害综合服务系统集成开发技术 .....</b>       | <b>(159)</b> |
| 5.1          | 系统概要设计 .....                          | (159)        |
| 5.1.1        | 概况 .....                              | (159)        |
| 5.1.2        | 总体设计 .....                            | (161)        |
| 5.1.3        | 基本设计概念和处理流程 .....                     | (171)        |
| 5.2          | 系统集成开发技术 .....                        | (173)        |
| 5.2.1        | 服务系统中的科研与业务 .....                     | (174)        |
| 5.2.2        | 软件开发方法及软件生存周期标准 .....                 | (175)        |
| 5.2.3        | 采用敏捷软件开发方法 .....                      | (178)        |
| 5.2.4        | 服务系统的需求分析 .....                       | (182)        |
| 5.2.5        | 服务系统的规划设计 .....                       | (184)        |
| 5.2.6        | 服务系统的集成方案 .....                       | (187)        |
| 5.3          | 数据接口技术 .....                          | (188)        |
| 5.3.1        | 内部数据接口 .....                          | (188)        |
| 5.3.2        | 外部数据接口 .....                          | (192)        |
|              | 参考文献 .....                            | (197)        |
| <b>附录一</b>   | <b>AgMDPWS V1.0 技术规范 .....</b>        | <b>(198)</b> |
| <b>附录二</b>   | <b>功能模块代码 .....</b>                   | <b>(204)</b> |
| <b>附录三</b>   | <b>Oracle9 数据库连接技术 .....</b>          | <b>(220)</b> |

# 第1章 农业气象灾害监测预警系统研究近况

## 1.1 概述

我国气象灾害发生频繁,对农业生产影响极其严重。及时、准确的农业气象预测将在一定程度上减轻灾害损失,保证农业生产稳定持续发展。但是,目前我国的农业气象灾害预报研究还不太成熟,与国家需求差距很大。国内科学界对农业气象灾害研究非常重视,但对灾害的规律、特征、影响和防御技术研究较多,而对农业气象灾害预报的理论、方法、模型研究相对较少。特别是基于作物生长过程,结合区域气候模式预报的农业气象灾害预报研究更未涉及。国内尚未建立起一套针对农业的干旱预警、预报系统,在作物生长动力模式基础上的区域气候-作物干旱数值耦合模式基本为空白。冷害研究取得的成果主要是指标、机制、时空规律、影响评估以及防御技术,而对基于生长过程的作物冷害预报尚未进行。国内对经济林果寒害的预报尚属空白。

“十五”国家科技攻关计划项目“农林重大病虫害和农业气象灾害的预警及控制技术研究”设置了“农业气象灾害预警技术研究”课题,通过对华北农业干旱、东北作物低温冷害、江淮小麦油菜渍涝、华南经济林果寒害等灾害预警预报技术的攻关研究,发展和改进农业气象灾害的预警预测方法技术,提高预警预报能力。在科技部、农业部、中国气象局的大力支持和帮助下,通过课题参加单位中国气象科学研究院、广东省气候与农业气象中心、江苏农业科学院、吉林气象科学研究所、国家气候中心的科研人员三年的共同努力,取得了大量成果,按照计划任务书规定的攻关目标,分别建立了四个灾种的预警预测模型,形成了不同方法类型、不同预报时效的预警技术。

在“十五”前期攻关研究的基础上,“十五”后期的滚动攻关课题在改进完善模型、提高预报准确率的同时,开展农业气象灾害预警综合集成技术研究。以多种灾害、多种方法和不同时效的预测模型为中心,研制可供业务运行的综合集成、可视化农业气象灾害预警预报系统,这一工作是国内外从未开展过的。该课题对四种主要农业气象灾害进行了大量研究,其中以基于作物生理生态过程的作物生长模拟模型与区域气候模式相结合的新一代农业气象灾害动态监测预警技术,应用数值天气预报、地理信息系统(Geographical Information System, GIS)等多种技术的农业气象灾害监测预警服务技术框架,都是国内外首次进行的农业气象灾害预警技术的创新性研究。

## 1.2 遥感技术在干旱、冷害等灾害监测中的应用

我国是世界上人口最多,旱、涝等自然灾害频繁发生的国家。干旱等自然灾害严重威胁着

我国农作物的生长,进而威胁着我国人民的生活。早在 20 世纪 80 年代末期,我国就开始了干旱、洪涝遥感监测应用研究的工作。进入 90 年代,我国又组织了有关科研机构、高等院校和业务主管部门开展与重大自然灾害监测和评估系统相关的研究应用工作,旨在应用遥感(Remote Sensing, RS)技术,选择对中国有重大影响的自然灾害和若干典型地区,建立具有应用性质的工程试验系统,对重大干旱、洪涝等自然灾害进行监测和评估,对突发性自然灾害提供快速反应手段,为主管部门防灾、救灾提供了决策依据。遥感技术在干旱、洪涝、低温冷害、高温热害灾害监测评估中得到广泛的应用,特别是与计算机、网络技术和 GIS 技术的结合,使得遥感技术更加充分体现其应用前景,更趋向系统化、业务化,便捷建立基于遥感技术的各种自然灾害监测评估系统,为政府部门提供高效的指导服务,提出合理的防灾减灾的建议。

### 1.2.1 干旱遥感监测技术

旱情的遥感监测主要是基于反映土壤水分状况的指标来实现的。目前,遥感监测干旱主要以气象卫星、侧视雷达等为主,随着遥感技术的发展,可获取的多源遥感数据不断增加,通过遥感数据计算可直接或间接反映干旱状况的指数已有很多,形成了很多方法。目前主要有热惯量法、植被缺水指数法、植被距平指数法、冠层温度法等,各种方法各有其利弊,可结合使用(王小平等 2001)。通过这些技术方法的应用,在干旱监测研究与应用方面已取得了许多成果。中国科学院在黄淮海平原进行的干旱遥感调查动态监测应用研究中取得了不少重大应用研究成果,初步发展成为一套适合该地区的干旱遥感监测系统,为应用遥感方法大范围地监测旱情打下了可靠的基础(隋洪智等 1996)。水利部的一些研究单位也在山东、河南一些地区进行干旱遥感应用研究,并且在河北旱粮产区利用机载合成孔径雷达(Synthetic Aperture Radar, SAR)获得 X 波段水平极化(HH)雷达图像资料进行小麦刚露头或刚播种的裸地水分含量检测试验,这些研究工作都取得较好的应用效果(李杏朝等 1996)。气象部门的一些研究和业务单位利用气象卫星、雷达卫星获取的遥感资料开展了一系列农业干旱监测服务系统。居为民等(1996)根据美国国家海洋和大气管理局(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)极轨气象卫星先进甚高分辨率辐射仪(Advanced Very High Resolution Radiometer, AVHRR)通道 1 和 2 的资料,初步分析了干旱的范围和影响程度,统计了受灾的面积,监测结果与灾情实际分布相一致;近期,杨太明等(2006)研究人员根据当前业务需求与技术的发展,研发了“安徽省干旱灾害监测及预警服务系统”,其基本原理是利用气象卫星遥感技术、土壤墒情普查网观测资料,开展安徽省旱灾监测分析。在干旱灾害预警服务中,基于土壤水分平衡方程,运用统计学方法,建立土壤湿度预测模型,结合干旱指标确定干旱等级,开展安徽省干旱预警服务,为农业生产防灾减灾决策提供科学依据。此外,张树誉等(2006)还利用中分辨率成像光谱辐射仪(MOReperate-resolution Imaging Spectroradiometer, MODIS)在波段设置和探测精度方面较 AVHRR 的较大优势,探讨了建立基于 MODIS 资料的遥感干旱监测业务化模型和资料处理流程,并在陕西 2005 年 3—5 月发生较严重春旱时进行了监测试验。结果表明,在干旱面积估算精度和图像的可视化效果方面有了明显提高。

### 1.2.2 低温冷害、高温热害监测技术初步应用

国内外关于研究低温冷害遥感监测和灾害评估的文献并不多,主要集中在地表温度反演、作物(水稻、玉米)种植面积及分布的确定、冷害监测与灾损评估等方面。古书琴等(1998)采用卫星遥感的热红外信息监测辽宁低温冷害的分布和低温的强度、路径,取得了较好的结果。盛

绍学等(1998)则认为,低温冷害由强冷空气活动所致,一般持续时间较短,危害难以防范和补救,使用遥感监测尚存在较多困难。利用遥感技术监测高温、低温确实存在困难,必须克服监测指标难以确定、云对卫星图像产生噪音的影响,以及对监测手段、技术不太成熟诸多方面的因素。因此,目前低温冷害、高温热害监测技术仍处于初步研究阶段,“十一五”国家科技支撑计划项目“农业重大气象灾害监测预警与调控技术研究”对低温冷害、高温热害的监测预警技术研究加大了支持力度,重点放在遥感监测技术手段上,有望在科学研究和业务应用方面取得实质性进展。

辜晓青等(2005)利用极轨气象卫星,通过卫星资料 AVHRR 反演高温信息,并建立与受灾作物的关系分析,结合土地利用背景信息,推算耕地高温面积。

### 1.2.3 洪涝遥感监测技术

在各种各样的自然灾害中,洪涝灾害是威胁我国国民经济和人民生命财产安全的主要灾害之一。洪涝灾害的发生一般具有突发性特点。要进行洪涝灾害的预警预报、救灾和安排灾后重建,需要对洪涝灾害相关信息进行及时、准确、可靠的采集和反馈。而传统基于人工为主的信息采集手段、过程与水平已经很难满足防洪抗涝的需要(孙绍骋 2002)。遥感技术对灾害监测评估有特殊的优势和潜力,尤其是对洪涝灾害的监测评估在我国已有较长的历史。早在1983年,水利部遥感技术应用中心就用地球资源卫星遥感影像调查了发生在三江平原挠力河的洪水,成功地获取了受淹面积和河道变化的信息。通过“八五”“九五”的科技攻关,建立了洪涝灾害遥感监测评估业务运行系统,特别是通过“九五”科技攻关,在软件、数据、模型与方法的集成方面,解决了以前国家攻关计划中没有解决好的一些问题,建成了一些试点区基础背景数据库、图形库和图像库,使洪涝灾害的遥感监测评估水平提高了一大步,在国内外产生了较大的影响(李纪人等 2001)。

中国科学院遥感应用研究所等单位充分利用气象卫星、雷达卫星等获取的遥感资料,采用遥感技术、地理信息技术、计算机技术、网络通信技术等与地理学、水文学、气象学等基础学科相结合的手段,构建我国洪涝灾害遥感监测评估系统,实现对洪涝灾情信息的快速、连续、实时获取和动态监测,在资源环境数据库支持下对洪涝灾害的损失给出定位、定性、定量的评估;利用灾害中的遥感数据与地理信息数据相结合,提出不同受灾地区的防洪减灾建议(魏成阶等 1998)。

## 1.3 地理信息技术在农业气象灾害监测中的应用

地理信息系统(GIS)是以采集、存储、管理、分析、描述和应用整个或部分地球表面(包括大气层在内)与空间地理分布有关的数据信息的计算机系统,主要实现地理空间数据的采集、编辑、管理、分析、统计与制图等。GIS始于20世纪60年代的加拿大和美国,自80年代末以来,特别是随着计算机技术的迅速发展,地理信息的处理、分析手段日趋先进,GIS技术日臻成熟,已广泛应用于城市规划、市政管理、环境、资源、交通、公安、灾害预测、经济咨询、投资评价、军事等与地理信息相关的几乎所有领域。随着信息技术,尤其是计算机技术的快速发展、数字地球(Digital Earth)的提出与实施,以及GIS应用程度的不断深入和应用范围的逐渐扩大,GIS正处于急剧变化与发展之中,各行各业也对GIS提出了许多新的要求。

美国、苏联等国的研究人员利用陆地卫星、机载侧视雷达图像、天空实验室相片、物探数

据,综合研究断裂、线性构造与地震的关系和其他潜在的地质灾害现象,并预测断裂等地质灾害的发生和与线性体有关的地震活动。美国、加拿大、日本等国的科学家对滑坡、泥石流等地质灾害进行调查研究,用卫星图像分析滑动区域,识别与滑坡有关的特征,如地形、地质结构、坡度、植被分布等。这些预测研究利用现代观测技术和分析处理方法,结合数学、物理模拟灾害孕育、发生的过程,通过虚拟 GIS 实现对灾害形成的地质构造的三维描述,实现对地质构造信息的交互式访问,如灾害位置、程度的设定,甚至灾害发展各参数的修正,虚拟灾害发生的机理,模拟真实灾害发生时可能产生的情况(李剑萍 2004)。

我国在灾害预测方面的研究处于初级阶段,对成灾理论研究及虚拟 GIS 应用均需进一步加强。20 世纪 90 年代以来,随着 GIS 技术与计算机、网络技术的发展与成熟,地理信息系统技术向面向对象的 GIS、人工智能、网络 GIS (WebGIS)、控件式 GIS (ComponentGIS)、三维 GIS 以及虚拟现实 GIS (VR-GIS) 等发展,为灾害的监测和预警提供了强有力的技术支持。遥感(RS)、地理信息系统(GIS)和全球定位系统(Global Positioning System, GPS)集成技术将成为未来灾害监测预警的主要手段。国内许多学者结合了 GIS 和 RS 技术,在辽宁、安徽、广东等省的干旱灾害监测、上海地区农业气象灾害的综合监测警示、广东荔枝寒害监测预警等自然灾害监测预警方面取得了初步的研究成果。

地理信息系统技术在自然灾害的评估方面具有突出的重大作用。这里所说的评估不仅包括灾中和灾后的评估,也包括灾前的预评估。自 20 世纪 80 年代后期 GIS 技术引入中国以后,就开始用于灾情评估,且逐步发展和成熟,目前已成为这方面不可或缺的技术支撑。安徽、广东等省气象局结合 GIS 技术,在干旱灾害监测的基础上,研发了干旱灾害监测与评估系统,并实现了业务应用(盛绍学等 1998,王春林等 2006)。洪涝灾害的监测评估也发展为业务运行系统,为国务院和国家防汛抗旱指挥部提供了有关灾情的大量信息,为防洪减灾和救灾作出了重大贡献(李纪人 2005)。

## 1.4 我国农业气象灾害监测预警系统研究进展

干旱、低温冷害、寒害和高温热害监测预警技术的系统化、业务化是目前最为重要的攻关任务之一。基于 RS 和 GIS 等高新技术,将计算机、网络系统应用于农业气象灾害的预防和减缓,各省气象部门已经建立了相关的农业气象灾害监测预警系统。干旱监测系统就是根据前期大气的降水量、气温、蒸发量、径流、土壤墒情等情况,结合地面干旱监测、卫星遥感综合监测和数值模式预报等手段,建立一种既能实时运用,又适合中国不同区域的综合干旱气象灾害监测预警系统,能够在干旱发生过程中和成灾后,客观准确地将干旱发生、发展、持续、缓解、结束以及影响程度等决策服务信息及时传递给政府有关部门。

### 1.4.1 农业气象灾害监测系统研究进展

在计算机技术和 GIS 技术支持下,上海市气象局将实时的地面气象观测资料,利用互联网动态监测农业气象灾害,综合反映灾害的时空分布,这对生产者与决策者进行生产决策具有重要意义。浙江省农业气象灾害监测系统则主要由实时数据网上传输、实时数据转译、旬数据查询、实时灾害检索、实时灾害查询、历史灾害查询、监测报告输出、报表打印等模块组成,操作简便,自动化程度较高(毛裕定等 1999)。

上海地区农业气象灾害监测警示系统是以实时气象数据为基础,根据农业气象灾害指标

进行评判分析,反映农业气象灾害。采用基于 ActiveX 的 GIS 和 WebGIS 的技术及其原理,以及 ActiveX 控件和浏览器/服务器技术,建立“基于 WebGIS 的上海农业气象灾害监测系统”,实现提供可视化检索查询、比较、动态追踪等功能。同时,可通过因特网,提供多用户服务。系统主要实现最新灾害显示、逐日灾害显示、灾害年对比显示、灾害累积显示、背景数据查询等功能(戎凯等 2001)。

安徽省气象局以安徽省重大农业气象灾害的气候规律分析及遥感监测方法为基础,综合气候分析、遥感监测、地理环境影响评判等方法,建立了包括安徽省干旱、洪涝及低温冷害的基本数据库、灾害监测评估模型和应急反应及决策服务系统,主要实现遥感资料、气候资料及背景数据的管理与应用;对干旱、洪涝、低温冷害三种灾害的发生发展及演变规律、灾害发生区域、影响程度,以及未来发展趋势进行模拟计算和评估;通过通信网络传输、发布灾害信息、为社会提供服务(盛绍学等 1998)。

福建省气象台建立了“基于 GIS 的福建省气候监测与灾害预警系统”(杨林 2005)。系统由信息采集、空间数据、实时监测、灾害预警、存储与检索、交互与展示、统计与诊断、图形与分析等功能模块和实时、历史、灾情三个空间数据库及一个空间信息平台所构成,其工作流程符合省级气候业务和决策服务的需要,它具有底图制作、数据处理、监测预警、诊断分析、图形图像制作等系统功能。福建省气象台 2002 年开始应用该系统,对辖区内发生的各种气象灾害和异常气候事件进行监测预警和开展科学研究工作,并在业务实践中检验测评系统性能和效率。

广东省气象局利用自动气象站测得的数据,按照各种灾害的特点建立灾害指标库,针对番禺区粮食作物以水稻为主、经济作物以香蕉为主的特点,为水稻和香蕉作物设立了独立灾害指标库,进行专门分析,建立了番禺区农业气象灾害监测业务系统。通过对前一天的风、温、降水资料进行分析,系统将提示本区是否有灾害发生以及灾害发生的时间、地点和轻重等级,从而达到为番禺区农业防灾减灾提供监测和服务的目的(陈荣等 2003);广东省气象局还开展了基于 GIS 技术的广东荔枝寒害监测预警研究,采用基于 GIS 技术和气候学模型,融合土地利用、海拔高度、坡度、坡向等地理信息,对平均气温、最低气温资料进行较高空间分辨率的地理订正,结合冬季经济林果的生长发育状况和受害指标,实现对广东寒害发生发展及其强度、范围的实时动态监测、预警。该研究解决了一些关键技术:①采用过程降温幅度和过程极端最低气温两个因子定义寒害指标,克服传统业务指标的局限性;②根据 T213 数值预报产品,采用模式输出统计预报方程,实现广东省 86 个地面气象站的气温预报;③采用包括经度、纬度、海拔高度三因子的地理订正模型,并进一步采用坡度、坡向地理订正技术,获得了较好效果(王春林等 2003)。

吉林省气象局利用地面气象观测资料和气象卫星遥感监测资料与 GIS 技术相结合,以 GIS 软件 ArcGIS8.3 为依托,建立了基于 GIS 的农业气象灾害监测系统。在监测不同灾害时,能根据监测区的特性将监测区设置为不同的分区,并针对每一分区确定监测指标,快速、准确地实现监测区内农业气象灾害的监测及等级划分(冯锐等 2006a)。

#### 1.4.2 农业气象灾害预测、评估系统研究进展

一些省级气象部门建立了包括农业气象灾害预测、评估、决策在内的综合服务系统,使农业气象预测直接在服务中发挥作用。江西省建立了各种气象灾害的预测模型,包括农业气象灾害预测子系统,农作物产量年景预测子系统和农作物种植面积合理配置的农业气象灾害预测决策服务子系统(魏丽等 1997a)。在灾害预测的基础上,用贝叶斯(Bayes)多级判别分析方

法对下一年度的早稻、晚稻、棉花和油菜产量年景进行预测,利用系统工程学原理,根据粮、棉、油定购价格,政府部门的宏观调控政策,以及客观气象条件所决定的粮、棉、油产量年景等约束条件,建立粮、棉、油种植面积合理配置的决策模型,并提出相应的农业气象管理措施。

江苏省气象科学研究所大量翔实的农业气象灾害资料为基础,结合实时农业气象灾情分析,在 WindowsNTServer 网络环境下,研制出具有网络功能的农业气象灾害分析服务系统。系统在因特网的 NetscapeNavigator 或 Explore 浏览器下运行,简便实用。系统以灾害服务为宗旨,体现了信息量大、服务迅速的特点,内容包括农业气象灾害类型库、逐年农业气象灾害评判库、实时农业气象灾害分析及灾情服务流程(高苹等 1999)。

河南省气象局研发的“河南省自然灾害监测与评估信息系统”介绍了系统目标、整体设计和数据库的建立。整个系统由重大灾害监测预警、黄河下游洪水预报、淮河上游洪灾监测评估、快速反应、防灾减灾决策等子系统组成,子系统通过一定的数据接口,集成为一体化的系统,实现对无准备地区突发性重大灾害的监测和应急评估,并及时为政府提供完整的减灾预案和灾害应急预案。实现针对河南省的几种主要自然灾害进行诊断监测和分析,并对其进行预警,提出相应的灾害服务管理;对黄河下游的洪水进行特征分析,建立相应的预报模型,针对洪水提出防洪对策;建立产汇流系统,模拟淮河上游洪水成灾模型等功能(武洪涛等 2005)。

陕西省棉花气象灾害预报系统根据给定的预报指标,自动推理,判断气象条件适宜与否,并给出栽培管理措施。产品通过现代通信手段传送到省、地、县棉花生产管理部门。

吉林省气象局对“吉林省重大气象灾害遥感监测评估系统”做了总体构想,其中包括建立该系统的目的意义分析;国内外发展状况分析;建立系统的前期工作基础及未来前景展望,系统的主要工作及效益分析。对当前及今后一段时间利用遥感手段进行灾害监测评估的主要方向和将要解决的主要技术问题都作了阐述。

中国科学院地理研究所与山东师范大学共同研制了“重大自然灾害遥感监测与评估技术集成系统”,建立了处理洪水、林火、旱灾、虫灾、雪灾、地震、沙灾等七种灾害的技术集成信息系统(Integrated Calamity System, ICS)。ICS 的建立主要包括数据库的集成和模型的集成两方面的工作。

#### 1.4.3 农业气象灾害监测预警技术研究的重要突破

据报道,由中国气象科学研究院主持的“十五”国家科技攻关项目“农林重大病虫害和农业气象灾害的预警及控制技术研究”之第 13 课题“农业气象灾害预警技术研究”实施以来(2001—2005 年),经过研究人员的共同努力,在农业气象灾害预警技术研究方面取得了重要研究成果(王石立 2005)。

“农业气象灾害预警技术研究”针对华北农业干旱、东北作物低温冷害、江淮小麦油菜渍害、华南经济林果寒害等四种主要农业气象灾害,分别建立了农业气象学和天气气候学、农学、生态学等相结合,统计预测方法和机理预测方法相结合,长中短不同预报时效相结合的农业气象灾害预测预警技术。在此基础上,成功研制出“农业气象灾害预测预警系统(AgMDPWS)”软件,该软件具有多种预测方法、不同预报时效模型相结合,可供准业务应用,农业气象灾害多灾种综合等特点,填补了国内空白,为促进科研成果的业务转化提供了有力的技术支撑。课题研制的模型全部进行了业务试验,部分研究成果已正式投入业务运行和开展服务,取得了显著的社会效益和经济效益。

课题首次引进面向生长过程的作物生长动力模拟模型,通过解决作物生长模型区域化、区



域气候模式与作物生长模型嵌套等关键技术,形成了作物生长模拟模型与区域气候模式相结合的新一代农业气象灾害动态监测预警技术。农业气象灾害多灾种综合预测预警软件系统实现了与中国气象局业务流程的对接。本课题还在生物学意义明确的农业气象灾害指标、采用非线性动力学重构等先进统计学方法等方面取得新的突破,使传统的数理统计类农业气象灾害预报模型的预报准确率得以进一步提高。同时,通过应用数值天气预报、地理信息系统、因特网等多种技术搭建起了农业气象灾害综合监测预警服务技术框架。

该项研究代表了我国目前在农业气象灾害预测预警研究方面的最新成就和水平,它对于进一步开展和提高其他地区、其他灾害的预报能力具有重要的借鉴作用和推广应用前景。

来自中国气象科学研究院、广东省气候与农业气象中心、江苏农业科学院、国家气候中心、国家气象中心、吉林气象科学研究所约 30 多名科研人员,经过 5 年的共同努力,圆满完成研究任务。课题于 2005 年 12 月顺利通过项目主持单位农业部组织的专家验收。

1.4.3.1 AgMDPWS 系统结构

系统由多级菜单、工具条和对话框相结合的图形交互界面,数据库(文件)系统,以及具有气象(气候)数据管理(添加、重组、生成、空间查询)、预测预警模型管理与产品分析制作的主要功能模块组成,它们之间相互联系,共同构成一个完整的预测预警系统(图 1.1)。

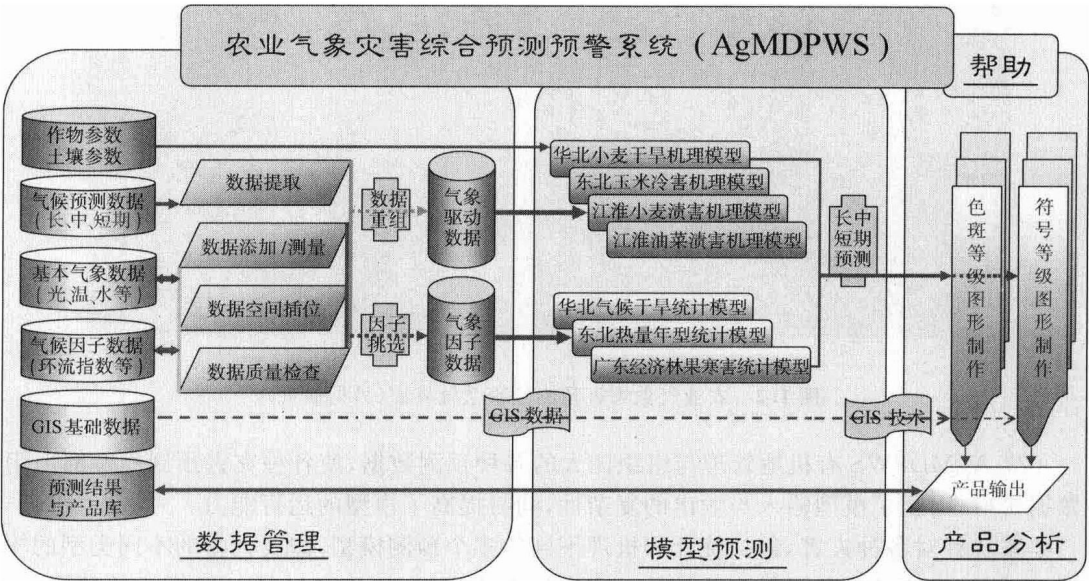


图 1.1 农业气象灾害预测预警系统结构(另见插页)

1.4.3.2 AgMDPWS 的主要技术特色

AgMDPWS 主要具有如下技术特色:采用 Windows 的面向对象编程技术与 ActiveX 技术,优化了系统界面,加强了系统应用模块的功能;具有合理的系统文件结构与文件组织设计方案,提高了系统的可读性和稳定性;多种灾害预测模型都采用标准数据接口与数据管理设计,提高了庞大、复杂数据的有序管理和组织、表达能力;研制出针对逐日气象要素的空间插值模块,能直接、快速地实现细网格气象数据在机理型预报模型的应用;结合 GIS 技术,输出细

网格的灾害等级预测产品(色斑图和符号等级图)。

(1) AgMDPWS 采用先进的系统设计思想和编程技术,研制了基于 Windows 平台下的灾害预测预警系统软件,实现了多种灾害的可视化预测。

AgMDPWS 采用 Windows 的面向对象编程技术与 ActiveX 技术相结合,运用目前较为流行的 Visual Basic 6 可视化开发工具与具有高精度、高效率的 PowerStation Fortran 科学运算语言,在 Windows 平台下实现了多种灾害的预测以及预测专题图的制作。本系统针对多灾种、多预测方法、多种不同数据源的应用特点,采取模块化结构的设计思想,组织合理的系统文件结构和规划完善的系统数据流,使系统的功能高度集中,层次清晰,通过数据管理、模型预测和产品分析三个核心模块来完成整个预测业务流程,具有界面优美、操作简便、流畅等特点(见图 1.2)。

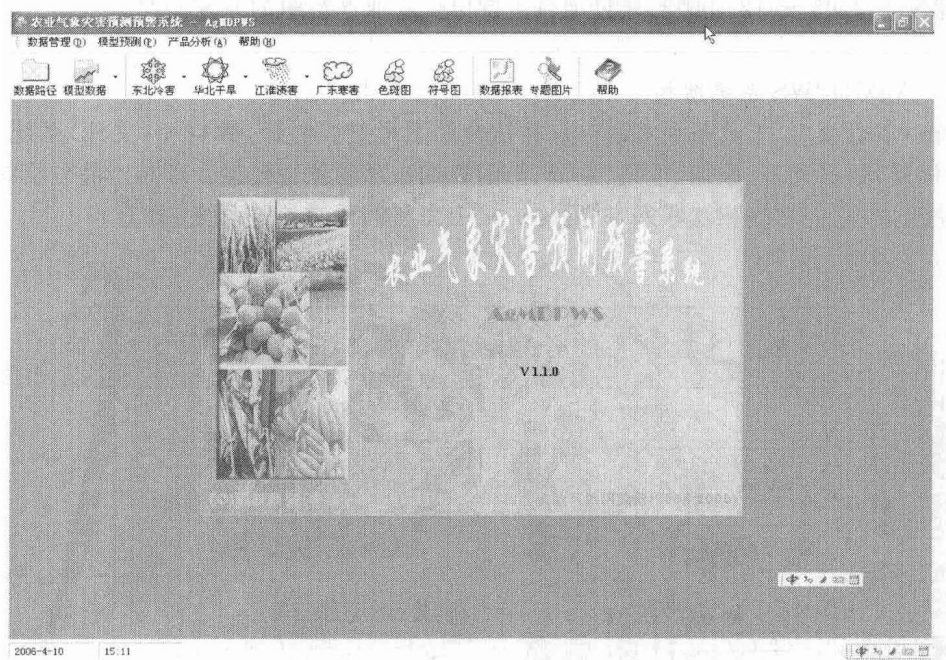


图 1.2 农业气象灾害预测预警系统界面(另见插图)

(2) AgMDPWS 有机地管理与组织庞大的各种预测数据,使各种灾害预测模型都采用标准数据接口,简化了模型输入与输出的复杂性,同时提高了模型的运行能力。

本系统针对各种灾害,包括统计和机理不同的多个预测模型,需要大量的不同类型的输入数据,特别是以逐日气象资料为基础的机理模型需要实时、历史和区域气候模式的预测产品,十分复杂。只有有效地组织和管理这些庞大的数据,才能提高灾害模型的运行能力,简化操作流程。通过分析各灾害预测模型自身的特点与所需的输入数据的特征,设计了标准的输入数据接口和规范的输出格式。图 1.3 为区域气候预测资料的提取处理分析模块界面,实现了东北、华北和江淮地区气候预测资料的提取;图 1.4 为基于短、中、长期预测的机理模型标准输入数据序列生成接口界面,实现了基于作物生长模型(机理)的东北、华北和江淮地区农业气象灾害监测预警模型三种不同组织的气象驱动数据序列。