

孙 涵 毛留喜 毕宝贵 等 编著

中国精细化农业气候区划： 产品制作与发布系统



中国精细化农业气候区划： 产品制作与发布系统

孙 涵 毛留喜 毕宝贵 等编著

内 容 简 介

全书分为4章:第1章概述了农业气候区划所采用的技术方法及其历史背景;简单介绍了GIS的基本知识、发展趋势及其对农业气候区划工作的技术支撑与应用前景。第2章给出了系统的总体设计思路、原则、总体构架、技术路线、基本功能、界面风格、技术措施、管理要求及其性能指标,介绍了插件作用、开发框架、实现方式,以及可视化建模思想与功能结构、操作流程及系统数据库的结构设计。第3章介绍了产品制作与发布系统的工作模型、方法,产品制作流程、操作步骤等技术与方法。第4章示例产品制作系统的使用技术与实现方法,示例产品发布系统进行各类区划产品发布、自助式制作区划产品与成果网络共享的实现方法。本书可供农业气象研究人员及有关院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国精细化农业气候区划:产品制作与发布系统/孙涵等编著.
—北京:气象出版社,2014.10
ISBN 978-7-5029-6039-1

I. ①中… II. ①孙… III. ①农业区划-气候区划-中国
IV. ①S162.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 246728 号

Zhongguo Jingxihua Nongye Qihou Quhua: Chanpinzhizuo yu Fabuxitong
中国精细化农业气候区划:产品制作与发布系统

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:李太宇

封面设计:易普锐创意

印 刷:北京中新伟业印刷有限公司

开 本:787 mm×1092 mm 1/16

字 数:352千字

版 次:2015年1月第1版

定 价:60.00元

邮政编码:100081

发 行 部:010-68409198

E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

终 审:章澄昌

责任技编:吴庭芳

印 张:13.75

印 次:2015年1月第1次印刷

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等,请与本社发行部联系调换

《中国精细化农业气候区划:产品制作与发布系统》

编著人员

(以姓氏笔划为序)

毛留喜	王文峰	王庆飞	王怀青	王纯枝
王良宇	王建林	仝春艳	叶彩华	白月明
石伟伟	刘 洪	刘 维	刘荣花	刘晶淼
孙 涵	庄立伟	延 昊	朱小祥	权维俊
毕宝贵	何延波	余卫东	吴建国	张艳红
李 政	李 森	李三妹	李世奎	李迎春
李祎君	苏永秀	邹春辉	陈印军	陈怀亮
郑昌玲	姜 燕	钟仕全	奚学斌	徐玲玲
殷剑敏	郭文利	郭淑敏	钱 拴	曹 云
黄永璘	程 路	韩秀珍	蔡 哲	谭方颖

序

党的十八大以来,以习近平同志为总书记的党中央把解决好“三农”问题始终作为全党工作重中之重,努力夯实农业稳定发展的基础、稳住农村持续向好的局势,稳定粮食和主要农产品产量,持续增加农民收入。坚持国家粮食安全战略,确保谷物基本自给、口粮绝对安全的底线。这是党中央立足基本国情和发展阶段作出的重大战略决策。

农业是受天气气候影响最大的行业,粮食生产高度依赖于天气气候条件和自然灾害状况。农业气候资源直接影响农业生产过程,且能为农业生产所利用。在全球气候变暖背景下,粮食生产、重要农产品供给与光温水土等资源环境承载能力的矛盾日益尖锐,如何利用好光、温、水等气候资源、实现趋利避害是保障国家粮食安全的重要课题。公益性行业(气象)科研专项“精细化农业气候区划及其应用系统研究”研究解决农业气候资源的高效利用和气候变化背景下种植结构调整问题,为国家粮食安全提供科技支撑。其研究成果已经在全国 20 多个省(区、市)气象和农业部门推广应用,产生了很好的社会和经济效益。

基于这个项目研究成果编著的《中国精细化农业气候区划》丛书——《方法与案例》、《产品制作与发布系统》、《农业气候资源图集》,汇集了许多科学家的心血,内容丰富,实用性强,对农业气候资源的快速分析和有效提升农业气候资源的时空精细化水平以及在不同气候情景下调整农业气候资源分布和种植结构都有很重要的参考价值。同时,该书对充分利用农业气候资源,缓解农产品供给与资源环境承载能力的矛盾、提升气象服务国家粮食安全、生态保护和农业可持续发展的科技支撑能力也具有重要的指导作用。

郑国光

(中国气象局局长)

2014 年 12 月

前 言

我国地域辽阔,人口众多,古往今来的历史表明,农业稳定是社会安定的基石,而农业生产又首先受制于各地光、热、水不同组合的气候资源。由于我国拥有南北跨越热带到北温带、东西涵盖海洋性到内陆性、垂直分布负高程到世界屋脊的立体气候,其农业气候资源的丰富性与多样性世界少有。20 世纪 60 年代中期和 80 年初期,在国家有关部门统一部署下,投入了大量人力和物力,自上而下地组织数万人的科技队伍,通过“人海战术”,先后完成了第一次和第二次全国农业气候区划,对合理利用我国的气候资源、优化农业生产结构与布局、保护生态环境等做出了重要贡献。但是,当时的农业气候区划是建立在计划经济基础之上,已不能适应气候条件、市场流通、社会需求、作物品种及其适应性等发生巨大变化的新形势。20 世纪末期,中国气象局在有关部门的大力支持下,组织部分省(区、市)进行了第三次农业气候区划的试点研究,将 3S(遥感技术、地理信息系统、全球定位系统)技术引入到农业气候区划中,大大提高了工作效率与区划精度。

针对现代农业及国民经济发展的新需求,在中国气象局 2007 年公益性行业(气象)科研专项支持下,开展了“精细化农业气候区划及其应用系统研究”。该项目由国家气象中心主持,参加单位有中国农业科学院农业资源与农业区划研究所、国家卫星气象中心、广西壮族自治区气象减灾研究所、中国气象科学研究院、江西省气候中心、北京市气候中心和河南省气象科学研究所等。

该项研究成果现已编成《中国精细化农业气候区划》丛书,分为方法与案例、产品制作与发布系统、农业气候资源图集三个分册,本书为第二分册。书中第 1 章概述第一次和第二次全国农业气候区划所采用的技术方法、历史背景与技术进步对农业气候区划技术创新的影响以及区划产品制作与发布系统的意义、作用与技术结构、应用模式和适用对象,简介 GIS 的基本知识、发展趋势及其对农业气候区划工作的技术支撑与应用前景。第 2 章给出系统的总体设计思路、原则、总体构架、技术路线、基本功能、界面风格、技术措施、管理要求及其性能指标,介绍插件作用、开发框架、实现方式以及可视化建模思想与功能结构、操作流程及系统数据库的结构设计,示例区划模型模版的实现技术,列出产品图的制作流程与加工中的地图投影、色彩设置、指北针、比例尺和文字注记等标准。第 3 章介绍产品制作与发布系统的工作模型、方法,产品制作流程、操作步骤等技术与方法以及产品

发布系统的体系结构、层次设计、界面设计与基本功能的实现方法、系统界面功能、操作方法和产品样式说明与系统管理方式和要求。第4章示例产品制作系统的使用技术与实现方法,示例产品发布系统进行各类区划产品发布、自助式制作区划产品与成果网络共享的实现方法。

各章节主要执笔人如下:1.1节由孙涵、毛留喜、钟仕全执笔,1.2节由石伟伟、孙涵执笔,1.3节、1.4节由孙涵、石伟伟、毛留喜、钟仕全执笔。2.1节、2.2节、2.3节由石伟伟、吴建国、仝春艳执笔,2.4节由石伟伟、吴建国、王庆飞、钟仕全、黄永磷执笔,2.5节由石伟伟、吴建国、权维俊、王庆飞、钟仕全执笔。3.1节由吴建国、仝春艳、王庆飞、苏永秀、李政、张艳红执笔,3.2节由吴建国、仝春艳、奚学斌、钟仕全、黄永磷执笔。4.1节由仝春艳、王庆飞、苏永秀、李政、张艳红执笔,4.2节由仝春艳、奚学斌、黄永磷、钟仕全执笔。统稿由孙涵、毛留喜、毕宝贵、石伟伟、梁军完成。

本册主要读者为农业气象科研、业务人员和农业科技、教育工作者以及地理信息系统技术研究与应用工作者。由于时间仓促,加之编著人员水平有限,且侧重于介绍本课题主要研究成果,故书中不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

作者

2014年10月

目 录

序

前言

第 1 章 农业气候区划与 GIS 技术	(1)
1.1 农业气候区划技术回顾及分析	(1)
1.1.1 农业气候区划技术回顾	(1)
1.1.2 农业气候区划的技术进步与问题分析	(3)
1.1.3 农业气候区划产品制作与发布系统开发简介	(3)
1.2 GIS 简介	(4)
1.2.1 GIS 内涵	(4)
1.2.2 GIS 发展简史	(6)
1.3 GIS 的气象应用	(15)
1.3.1 GIS 在气象行业中的应用	(15)
1.3.2 GIS 在农业气候区划中的应用	(16)
1.4 农业气候区划产品制作与发布系统应用模式	(18)
1.4.1 产品制作系统应用模式	(19)
1.4.2 产品发布系统应用模式	(20)
第 2 章 农业气候区划制作与发布系统设计	(21)
2.1 系统设计原则与构架	(21)
2.1.1 系统设计原则	(21)
2.1.2 系统设计构架	(22)
2.1.3 系统开发技术路线	(24)
2.2 系统总体设计	(26)
2.2.1 系统功能设计	(26)
2.2.2 系统界面设计	(28)
2.2.3 系统数据库设计	(34)
2.2.4 系统安全设计	(53)
2.3 系统开发关键技术	(58)
2.3.1 插件技术	(58)
2.3.2 可视化建模技术	(64)
2.4 区划方法的模型建立	(74)
2.4.1 专家打分法	(74)
2.4.2 权重法	(76)

2.4.3	模糊综合评判法	(76)
2.4.4	模糊 C 均值聚类算法	(77)
2.4.5	决策树法	(78)
2.4.6	层次分析法	(81)
2.5	区划产品制作的流程标准	(82)
2.5.1	地形图标准	(82)
2.5.2	农业气候资源图标准	(88)
2.5.3	区划成果图标准	(92)
2.5.4	农业气候区划成果图制作流程标准	(92)
第 3 章	区划产品制作与发布系统的实现	(98)
3.1	区划产品制作系统的流程与实现	(98)
3.1.1	区划产品制作系统概述	(98)
3.1.2	区划产品制作的阶段流程	(99)
3.1.3	区划产品制作向导	(100)
3.1.4	区划数据准备	(105)
3.1.5	区划模型的执行操作	(117)
3.1.6	可视化运算模块库及模型构建	(121)
3.1.7	区划产品加工	(146)
3.1.8	区划指标管理	(150)
3.2	区划产品发布系统的流程与实现	(153)
3.2.1	区划产品发布系统概述	(153)
3.2.2	区划产品发布系统体系构架与设计	(153)
3.2.3	区划产品发布浏览功能的实现	(155)
3.2.4	自助式区划产品制作	(173)
3.2.5	用户留言	(177)
3.2.6	后台管理	(179)
第 4 章	农业气候区划系统应用示例	(183)
4.1	农业气候区划产品制作系统应用示例	(183)
4.1.1	农业气候区划产品制作流程	(183)
4.1.2	精细化农业气候区划产品制作示例	(185)
4.2	农业气候区划产品发布系统应用示例	(204)
4.2.1	农业气候区划产品发布流程	(204)
4.2.2	精细化农业气候区划产品发布示例	(205)
参考文献		(209)

第 1 章 农业气候区划与 GIS 技术

精细化农业气候区划产品制作与发布系统是加快推进传统的静态型、研究型、阶段性的农业气候区划工作向精细化、常态化、动态化的农业气候区划业务方向发展的基础平台。随着地理信息系统技术不断发展,应用领域不断拓宽,应用层次不断加深,应用水平越来越高,与各相关学科的联系程度也越来越紧密。气象行业的科研、业务与服务工作也迫切需要全新概念的具有行业与部门特色的气象 GIS(Geographical Information System)的支持,精细化农业气候区划产品制作与发布系统的开发也迫切需要 GIS 的支持。

本章重点介绍农业气候区划与 GIS 的技术发展及其关系。第一节首先回顾第一次和第二次全国农业气候区划所采用的技术方法及其历史背景与技术进步,分析对现在和未来的农业气候区划工作具有重要指导意义和参考作用的有益经验及其科学技术进步对农业气候区划技术创新的影响,简要介绍农业气候区划产品制作与发布系统的开发与作用。第二节简要介绍 GIS 的基本知识、发展历史及 GIS 平台的发展展望。第三节简要介绍 GIS 在气象行业中的应用需求、应用前景、技术支撑作用及其在农业气候区划工作中的作用、意义与应用前景。第四节简要介绍农业气候区划产品制作与发布系统的技术结构、应用模式与适用对象。

1.1 农业气候区划技术回顾及分析

1.1.1 农业气候区划技术回顾

农业气候区划是根据农业对气候的特定要求,作出能够阐明气候与农业生产关系的一种区域空间上的分类。农业气候区划的编制通常是根据一定的、对主要农业生物的地理分布、生长发育和产量形成有决定意义的农业气候指标,遵循气候分布的地带性和非地带性规律以及农业气候相似性和差异性原则,采用区划有关基本方法,将某个区域划分为不同等级的区域单元,为决策者深入了解农业资源配置和生产布局,合理制定农业区划和农业发展规划,充分利用气候资源和防御气候灾害提供科学依据。

我国农业气候区划研究是在气候区划的基础上紧密配合国家农业发展规划的需求而发展起来的。20 世纪 60 年代中期和 80 年代初期,我国先后开展了大规模的第一次和第二次全国农业气候区划,对合理利用气候资源、优化农业生产结构与布局、保护生态环境等方面发挥了重要作用。

前两次区划采取的工作方法和建立的业务流程,以及研究创建、归纳总结的农业气候区划指标等工作,对现在和未来的农业气候区划工作始终具有重要的指导意义和参考作用。限于当时的基础条件和技术手段,农业气候区划工作完全靠手工进行,其耗时较多、工作量较大的几项工作是:

①手工抄录、统计、整理各气象台站的旬、月、季、年的平均气温、最高气温、最低气温、极端最高气温、极端最低气温、降水量、降水日数、日照百分率、日照时数、风向、风速等基本气象资料并进行气候统计计算;

②手工统计计算各气象台站与农作物生长发育有关的 0°C 、 5°C 、 10°C 、 15°C 等各界限温度的初、终日,并进行各界限温度期间积温、累积降水、累积日照时数等农业气候资源要素的统计计算;

③通过手工填绘各气象台站各气候要素图,再根据各离散点相应的农业气候要素和区划指标,依靠人工主观判断和手工绘制各单要素或单作物的农业气候区划图,进而通过人工合成方法,将各单要素或单作物的区划图叠加到一起,再生成综合农业气候区划图;

④手工编绘图题、图注、图例,编写区划说明,最终制作出农业气候区划图集;

⑤服务形式为主动上门找用户,一般仅找了农业生产主管部门。

由此可见,前两次农业区划的工作量非常之大,而受益面有限。特别是第二次全国农业气候区划,由于做到了地、县级,且要素统计较细,所以,全国参加该项工作的总人数达到数万人,但所形成的区划成果却仍显粗略,不能满足农业生产日益发展对农业气候区划的更高要求。

20 世纪 90 年代初期,我国在山区农业气候研究中开始使用小网格分析方法,但由于受技术条件的限制,网格距较大($10' \times 10'$),且地理因子和局地环境因子主要靠手工从地图上读取,费工费时,工作量巨大。随着科学技术的发展,先进的计算机技术给区划工作提供了良好的技术支持。为此,中国气象局及时根据科技进步和当时农业发展的新需求,于 1997 年底组织江西、黑龙江、北京、河南、陕西、湖南、贵州七个省(市)开展了第三次农业气候区划的试点工作,要求充分利用多年气象资料及 GIS 技术,建立农业气候资源及区划信息系统,试图将“3S”技术引入农业气候区划工作之中,以期提高农业气候区划的工作效率与精度。

在中国气象局制定的第三次农业气候区划试点工作方案提出的目标任务中,要求农业气候区划工作采用新技术、新方法、新资料,建立气候资源开发利用和保护监测体系,实现资源平面与立体、时间与空间的全方位优化配置,体现区划试验全新的内容、产品和特色,力求能为各级政府分区分类指导农业生产提供服务,充分发挥区域气候优势,提高农业资源开发的计划性和科学性。

在第三次农业气候区划试点中,GIS 技术开始得到初步应用。它初步实现了农业气候区划信息与地理信息相关的空间位置、属性特征及时域特征信息的统一管理,同时引进了强大的空间分析和处理工具,大大提高了农业气候区划的工作效率。

随后,广西壮族自治区气象局利用常规资料及卫星遥感资料等开展了甘蔗、荔枝、龙眼、香蕉、芒果、沙田柚、八角等优势农作物的精细化农业气候区划试验研究;江西省气象局利用 GIS 技术开展了优质水稻、西瓜、脐橙等作物的气候区划研究;陕西省气象局开展了红富士苹果种植的气候区划研究;贵州省气象局开展了烤烟的气候区划研究;等等。这些试验研究都取得了较好的效果,但仍存在许多值得深入研究和探讨的问题,如遥感反演产品在精细化农业气候区划中如何发挥重要作用?尤其是 3S 技术在优势农作物区域布局中如何得到更好的应用?而我国目前在农业结构调整,优势农作物布局,优势农产品基地建设等方面又迫切需要精确、细致的农业气候区划作为决策支持,因此该项目的研究成果将在政府及农业、区划等有关部门发挥重要作用,受到农民朋友的欢迎,从而产生显著的社会效益和经济效益。

1.1.2 农业气候区划的技术进步与问题分析

与前两次农业气候区划相比,上述农业气候区划工作在技术上主要有以下进步:

①通过引进计算机数据处理技术实现了台站气候要素的快速统计,大大提高了基础气候资料处理的工作效率;

②通过引进GIS空间分析技术,实现了细网格农业气候资源要素的空间推算,改进过去仅依靠台站离散点资料由人工主观判断等值线走向的不足,大大提高了区划成果的精度和准确度;

③通过引进计算机制图技术,实现了各类农业气候区划图的快速生成,且大大提高了制图质量;

④开发了基于上述计算机数据处理技术、GIS空间分析技术和计算机快速制图技术的农业气候区划系统,并进行了技术推广试验。

但随着科学技术的进步,在以下方面可进一步改进农业气候区划工作:

(1)将卫星遥感信息和遥感技术充分应用于精细化农业气候资源分析,充分发挥卫星遥感的空间监测优势,使之在农业气候区划中得到有效的应用;

(2)建立规范统一的基础数据源,使之在区划软件系统的推广应用过程中,有效解决各省建立本地农业气候区划基础数据库的难题,为精细的农业气候区划推广奠定数据基础;

(3)进一步提高区划软件系统的智能化水平,降低对操作人员计算机水平和相关专业知识的的要求,以降低系统推广的技术难度;

(4)从根本上改变过去拿着区划产品一对一地找用户的被动服务形式。

1.1.3 农业气候区划产品制作与发布系统开发简介

在公益性气象行业专项“精细化农业气候区划及其应用系统研究”项目的支持下,北京超图软件股份有限公司与国家气象中心等多家单位于2008年合作开发了精细化农业气候区划产品制作与发布系统。其中:

(1)农业气候区划产品制作系统是以精细化农业气候区划的理论方法为基础,以常规气候观测资料、卫星遥感资料、农业背景资料等基础信息为数据源,基于GIS技术开发的一套供气象专业技术人员使用的人机交互式精细化农业气候区划产品制作系统,其功能是为农业气候区划专业技术人员提供简单易用的业务平台,以便快速、准确地制作农业气候区划产品,实现农业气候区划的精细化、动态化和可视化服务,更好地满足农业生产及农业结构调整、农业布局决策的需要。

(2)农业气候区划产品发布系统既是一套供社会公众用户使用的区划产品信息查询、浏览的服务平台,也是一套可供科技型农业生产者使用的网上自助式简易区划产品制作平台。利用该系统,用户可根据自己的需求指定地理区域,选定已有区划指标的作物品种或给定相关的气象条件和基础背景信息,即可获得相应的农业气候区划产品。区划产品制作系统主要针对传统的农业气候区划成果形式是纸质报告和图形、对外服务不便、服务成本较高的不足,在农业气候区划产品制作系统的支持下,快速地生成纸质和电子形式的区划产品并通过网络发布,从而大大方便区划产品的对外服务与共享,是进一步拓展气象为农服务渠道和服务形式的技术基础,是气象部门借助于互联网技术对外提供区划服务的又一次有益尝试。

1.2 GIS简介

第三次农业气候区划试点开发的农业气候区划系统之所以未能在全国业务化,其关键问题是对GIS的应用仅停留在气候要素的计算机统计、农业气候资源要素的空间推算、计算机制图等初级阶段,不能对多源数据信息、多种区划模型、各类区划指标、专题区划产品发布等实现统一的集成化管理。为将GIS的强大功能用于农业气候区划产品的制作与发布,有必要系统地了解GIS技术和发展趋势。

1.2.1 GIS内涵

GIS是地理信息系统(Geographical Information System)的简称,是一种多技术交叉的空间信息科学。GIS是通过计算机软、硬件和空间地理数据的支持,运用系统工程和信息科学的理论及科学管理与综合分析技术,为规划、管理、决策和研究等提供空间信息系统。

GIS管理的对象是多种地理空间实体数据及其关系,包括空间定位数据、图形数据、遥感图像数据、属性数据等,用于分析和处理在一定地理区域内分布的各种现象和过程,解决复杂的规划、决策和管理问题。GIS的具体含义可以理解为:

(1)GIS的物理外壳是计算机化的技术系统,它又由若干个相互关联的子系统构成,如数据采集子系统、数据管理子系统、数据处理和分析子系统、图像处理子系统、数据产品输出子系统等,这些子系统的优劣、结构直接影响着GIS的硬件平台、功能、效率、数据处理的方式和产品输出的类型。

(2)GIS的操作对象是空间数据和属性数据,即点、线、面、体这类有三维要素的地理实体。空间数据的最根本特点是每一个数据都按统一的地理坐标进行编码,实现对其定位、定性和定量的描述,这是GIS区别于其他类型信息系统的根本标志,也是其技术难点之所在。

(3)GIS的技术优势在于它的数据综合、模拟与分析评价能力,可以得到常规方法或普通信息系统难以得到的重要信息,实现地理空间过程演化的模拟和预测。

(4)GIS与测绘学和地理学有着密切的关系。大地测量、工程测量、矿山测量、地籍测量、航空摄影测量和遥感技术为GIS中的空间实体提供各种不同比例尺和精度的定位数据;电子速测仪、GPS全球定位技术、解析或数字摄影测量工作站、遥感图像处理系统等现代测绘技术的使用,可直接、快速和自动地获取空间目标的数字信息产品,为GIS提供丰富和更为实时的信息源,并促使GIS向更高层次发展。地理学是GIS的理论依托。

一个典型的地理信息系统应包括三个基本部分:计算机系统(硬件、软件)、地理数据库系统、应用人员与组织机构(见图1.2-1):

1)计算机系统。计算机系统又可分为硬件系统和软件系统。地理信息系统的硬件部分包括执行程序的中央处理器(主机系统),保存数据和程序的存储设备,用于数据输入、显示和输出的外围设备等。其中大多数硬件是计算机技术的通用设备,而有些设备则在地理信息专业系统中得到了广泛应用,如数字化仪、扫描仪等。地理信息系统的硬件系统正朝着低价位且快速的方向发展。

2)地理信息系统软件。地理信息系统的软件系统由核心软件和应用软件组成。其中核心软件包括数据处理、管理、地图显示和空间分析等部分,而特殊的应用软件包则紧紧地与核心

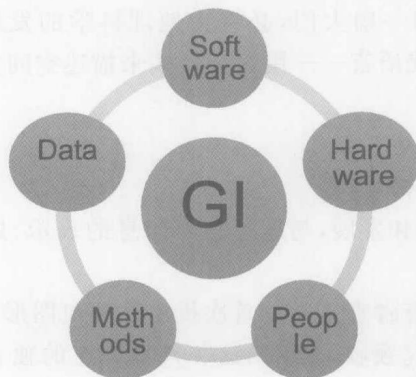


图 1.2-1 GIS 的组成

模块相连,并且包含一些特殊的应用问题,如网络分析、数字地形模型分析等。虽然地理信息系统软件有些是一般数据库管理者通用的,但大部分软件是专用的,且仅限用于地理信息系统领域;一些地理信息系统软件属于免费软件,但大多数为商业化软件系统,并有知识产权问题;有些软件是面向特定硬件的,但大多数软件独立于特定硬件,为开放系统。

3)地理信息数据。地理信息数据分为几何数据和属性数据。它们的数据表达可以采用栅格和矢量两种形式,几何数据表现了地理空间实体的位置、大小、形状、方向以及拓扑几何关系。

4)地理信息数据一般由地理数据库系统管理。地理数据库系统由数据库实体和地理数据库管理系统组成。地理数据库管理系统主要用于数据维护、操作和查询检索。地理数据库是地理信息系统应用项目重要的资源与基础,它的建立和维护是一项非常复杂的工作,涉及许多步骤,需要技术和经验,需要投入高强度的人力与开发资金,是地理信息系统应用项目开展的重要工作和瓶颈技术之一。

5)应用人员和组织机构。对于合格的系统设计、运行和使用来说,地理信息系统专业人员是地理信息系统应用成功的关键,而强有力的组织是系统运行的保障。一个周密规划的地理信息系统项目应包括负责系统设计和执行的项目经理、信息管理的技术人员,系统用户的应用工程师以及最终运行系统的用户。缺乏合格的地理信息系统专业人员是当今地理信息系统技术应用中最为突出的问题之一。

另外,从系统数据处理流程看,地理信息系统的组成包括数据输入子系统、数据存储与检索子系统、数据处理与分析子系统和输出子系统。

1)数据输入子系统,负责数据的采集、预处理和数据转换等。

2)数据存储与检索子系统,负责组织和管理数据库中的数据,以便于数据查询、更新与编辑处理。

3)数据处理与分析子系统,负责对系统中所存储的数据进行各种分析计算,如数据集成与分析、参数估计、空间拓扑叠加、网络分析等。

4)输出子系统,以表格、图形或地图的形式将数据库的内容或系统分析的结果以屏幕显示或硬件拷贝方式输出。

有的学者断言,“地理信息系统和信息地理学是地理科学第二次革命的主要工具和手段。如果说GIS的兴起和发展是地理科学信息革命的一把钥匙,那么,信息地理学的兴起和发展

将是打开地理科学信息革命的一扇大门,必将为地理科学的发展和提高开辟一个崭新的天地”。GIS 被誉为地学的第三代语言——用数字形式来描述空间实体。

1.2.2 GIS 发展简史

(1) 地理信息系统发展的科学背景

地理信息系统技术的创立和发展,与地理空间信息的表示、处理、分析和应用手段的不断发展紧密相连。

在 20 世纪 60 年代,美国麻省理工学院首次提出计算机图形学术语,并证明交互计算机图形学是一个可行的、有用的研究领域,显示出这一科学分支的独立地位,从而在计算机图形学的基础上出现了计算机数字地图。

地理信息系统也从 60 年代开始,由机助制图逐步发展起来。60 年代初,计算机技术开始用于地图量算、分析和制作,机助制图由于具有快速、灵活、易于更新、质量可靠、便于存储、量测、分类、合并和覆盖分析等优点而迅速发展起来。到 60 年代中期,由于大量空间环境数据存储、分析和显示技术方法的改进,以及计算机技术在自然资源和环境数据处理中应用的迅速发展,致使计算机辅助制图和空间数据分析在数据自动采集、数据分析和显示技术等相互联系的领域得到极大的发展。而数据自动采集、数据分析和显示技术等分支领域也倾向于发展有效的手段,用以从现实世界中按特殊的应用口的采集、存储、检索、分析、传输可显示的空间数据,最终产生了地理信息系统技术。

(2) GIS 发展概况

1) 国际发展概况

地理信息系统已历经 40 余年的历程。用户的需要、技术的进步、应用方法论的提高,以及有关组织机构的建立等因素,深深地影响着地理信息系统的发展。

综观 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:

① 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。如处理人口统计数据(如美国人口调查局建立的 DIME)、资源普查数据(如加拿大统计局的 GRDSR)等。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。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、新技术的应用、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的发展来说,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,国际交往甚少。

② 20 世纪 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 20 世纪 70 年代的事情。这种发展应归结于以下几方面的原因:一是资源开发、利用乃至环境保护问题成为政府首要解决之疑难问题,而这些都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,数据处理速度加快,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,第一套利用关系数据库管理系统的软件问世,新型的地理信息系统软件不断出现,据 IGU 调查,70 年代就有 80 多个地理信息系统软件。第三,专业化人才不断增加,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 1969 年成立的美国环境系统研究所(ESRI)。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;在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。

③20世纪80年代为地理信息系统技术大发展时期,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,涉及了许多的学科与领域,如古人类学、景观生态规划、森林管理、土木工程以及计算机科学等。许多国家制定了本国的地理信息系统发展规划,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(NCGIA),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,并提供系列专业化服务。这个时期地理信息系统发展最显著的特点是实用的商业化系统进入市场。

④20世纪90年代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,例如地理信息系统已列入美国政府制定的“信息高速公路”计划;美国前副总统戈尔提出的“数字地球”战略、我国的“21世纪议程”和“三金工程”也包括地理信息系统。毫无疑问,地理信息系统将发展成为现代社会最基本的服务系统。

2) 国内发展概况

我国地理信息系统方面的工作自20世纪80年代初开始。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、硬件配制、软件研制、规范制订、区域试验研究、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阶段的标志是从第七个五年计划开始。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、应用实验和工程建设工作。许多部门同时开展了地理信息系统研究与开发工作。如全国性地理信息系统(含数据库)建设、区域地理信息系统研究和建设、城市地理信息系统、地理信息系统基础软件、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、规划和决策中发挥了重要作用,取得了显著的社会与经济效益。

20世纪90年代以来,地理信息系统步入了快速发展阶段。执行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实验、局部应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。努力实现基础环境数据库的建设,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重心上,出现了“东移”和“进城”的趋向,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。这期间发展的主要研究及今后尚需进一步发展的领域有:重大自然灾害监测与评估系统的建设和应用;重点产粮区主要农作物估产;城市地理信息系统的建设与应用;建立数字化测绘技术体系;国家基础地理信息系统建设与应用;专业信息系统与数据库的建设和应用;基础通用软件

系统的研制与建立;地理信息系统规范化与标准化;基于地理信息系统的数据库产品研制与生产,同时经营地理信息系统业务的公司逐渐增多。

总之,中国地理信息系统事业经过十年的发展,取得了重大的进展。地理信息系统的研究和应用正逐步形成行业,具备了走向产业化的条件。

(3)GIS 平台软件的发展与展望

1)GIS 软件平台技术发展回顾

地理信息的广泛应用,离不开 GIS 平台软件技术的发展。从 20 世纪 90 年代末到现在的十年期间,GIS 软件技术的发展经历了“四化”,即:组件化、Web 化、微型化和数据库化。这“四化”深深地影响了过去十年的 GIS 应用开发方式,并把 GIS 的应用推到前所未有的高度。

①组件化与组件式 GIS

正如《三国演义》开篇所云,“天下大事,分久必合,合久必分”,GIS 软件技术的发展也经历了一段类似的历程。

在 GIS 软件诞生之初,不同研究机构分别独立开发了完成不同功能的模块,有的倾力投影转换,有的聚焦数据编辑等等,可称为 GIS 模块阶段。GIS 模块阶段的出现,在 GIS 发展史上具有里程碑意义,但处在这个阶段的 GIS 软件是分散的,并未构成完整的体系,很难满足大规模应用需要。

顺应应用需要,有些机构开发了汇集各种 GIS 功能于一身的集成式 GIS 软件。从 GIS 模块阶段到集成式 GIS 阶段,GIS 技术完成了由“分”走向“合”的演变,并凭借强大的功能和自成体系的系统,GIS 软件应用开始得到快速发展。然而,应用需求始终是检验一切技术的硬指标,尽管集成式 GIS 功能强大,但当用户仅需要做 GIS 应用中某个环节的工作时,不得不花费昂贵的代价购买整个 GIS 软件,最终仅能使用到其中 10%~20% 的功能,这对用户和软件本身,都是浪费。

于是,GIS 软件技术又从“合”向“分”回归,模块化 GIS 被开发出来。用户可以根据需求选购必要的模块。Intergraph 的 MGE 是模块化 GIS 的典型代表,MGE 就是模块化 GIS 环境 (Modular GIS Environment) 的简称。基于统一的图形内核,Intergraph 开发了满足不同需要的功能模块,比如坐标配准、交互式矢量化、GIS 制图、拓扑处理和 GIS 分析等。这些模块既可以集成在一起协同工作,也可以拆开独立使用,符合 GIS 应用社会化分工的需要。但问题依然存在:由于模块划分方式以及模块之间的集成接口均由 GIS 厂商独立制定,因此容易实现同一套 GIS 软件各模块之间的集成,即同构集成;却很难实现不同 GIS 软件之间的集成,即异构集成。

随着微软的 COM 组件对象平台发展起来以后,GIS 厂商终于找到了模块之间集成的接口标准,组件式 GIS 由此诞生,异构集成的问题得到了解决。组件式 GIS 是按照组件对象标准、规范划分和组织的模块化 GIS,GIS 的不同模块仍然可以拆分销售和使用。基于统一的规范,来源于不同 GIS 厂商的多个 GIS 模块之间可以非常方便地集成,异构集成的理想得以实现。目前流行的典型的大型组件式 GIS 平台有 SuperMap Objects 和 ArcEngine 等,轻量级的 GIS 组件有 MapX 和 MapObjects 等,组件式 GIS 的发展推动了 GIS 应用的快速发展。

作为当前流行的开发工具,组件式 GIS 摒弃了传统的 GIS 专用开发语言,采用“所见即所得”的通用软件开发工具,具备高度伸缩性(既可用于大型 GIS 应用系统开发,也可在被裁减后适用于小型应用系统),并具有与其他信息技术无缝集成的特点,真正让 GIS 融入了 IT 大