

GIS 技术在决策气象服务系统建设中的应用^{* 1}

吴焕萍¹⁾ 罗 兵¹⁾ 王维国¹⁾ 段延娥²⁾

¹⁾(国家气象中心,北京 100081) ²⁾(北京农学院,北京 102206)

摘 要

该文介绍了基于组件式 GIS 技术的决策气象服务系统建设的总体框架,并阐述了系统的建设内容,主要包括电子地图建设、气象制图输出、实时与历史资料检索、灾情分析、台风预警与损失评估以及参数化制图等功能;同时对 GIS 应用于决策气象服务系统的若干关键技术问题进行了深入讨论与分析,如数据共享与转换、气象要素插值算法、空间信息检索方法、基于插件技术的模型评估方法、三维可视化技术;最后给出了相关结论,并指出该系统将为全国综合性决策服务系统提供一个良好的建设思路。

关键词: GIS; 气象制图; 气象要素查询; 灾情分析; 三维可视化

引 言

气象服务是所有气象业务产品向社会提供服务的出口,是气象工作的出发点和归宿,其中包括决策气象服务、公众气象服务、专业气象服务和科技服务^[1]。决策气象服务是指专门为党中央、国务院及同级或以上相关综合部门提供气象服务,要求服务产品具有针对性、主动性、及时性和准确性。目前,气象部门建设的决策服务系统大多基于 MICAPS (气象信息综合处理系统)业务系统,但 MICAPS 系统是面向预报员的业务操作,其产品交互制作能力远远不能满足决策服务的需要。完善和规范决策气象服务产品,推进决策服务向直接提供决策建议转变,具有重要意义。因此,为了适应决策气象业务发展,建设新一代国家级决策气象服务系统显得尤为重要。

地理信息系统(GIS),作为一门重要的空间信息技术,在越来越多的信息系统建设中发挥了重要作用。决策气象服务系统的基石是各类海量信息,这些信息既包括空间地理信息,又包括大量与空间密不可分的气象属性信息。气象数据本质上也是地理信息,因为气象中的风速、温度、气压等都是相对于具体的空间域和时间域而言,没有地理位置的气象要素是没有任何意义的^[2-3]。GIS 技术优势在于

可以海量管理和查询气象信息,可以对地理空间数据进行分析处理,与数值模型计算相结合,还可以形象直观地可视化表达模型计算结果;GIS 空间分析能力还可以与气象信息技术相结合,提供空间和动态的地理信息,并采用一定模型为决策服务提供科学依据^[4]。国内气象部门决策服务系统的建设基本上是以信息共享再配合 MICAPS 一些功能而实现,还没有充分利用 GIS 技术的优势来真正构建决策气象服务系统^[5-8]。因此,本文选择了 GIS 技术作为业务系统的基础开发平台。

1 系统总体框架

为了保证系统的可重用性、共享性和扩展性,业务系统采用了层次化的设计思路,系统总体框架由 3 部分组成:数据层、通用核心 GIS 气象应用组件层以及业务服务平台。应用系统的总体框架如图 1 所示。

数据层:指现有的数据共享环境,主要存储了决策气象服务所涉及的 3 类数据:气象业务数据库(如实时观测资料,服务产品等)、基础地理信息数据(即空间数据)以及社会经济、人口数据。所有的数据均采用 Oracle 大型数据库进行统一存储和管理,其中空间数据库的存储则采用 ESRI 公司的空间数据引擎(ArcSDE),而社会经济、人口等数据则直接与基础地理信息进行了空间一体化关联存储。通用

* 科技部“十一五”基础支撑项目(2006BAK01A29,2006BAK01A18,2006BAD04B10)和中国气象局基建项目([2007]203)共同资助。
2007-07-06 收到,2008-02-02 收到再改稿。

核心 GIS 气象应用组件主要提供了地图管理、查询操作、专题制图、气象要素空间插值、影响区域分析等主要功能,它为业务服务平台提供了 GIS 的底层支持。组件层的建设采用了技术成熟的 ArcGIS Engine 嵌入式开发平台,并采用 C++ 进行二次开发和组件封装,一定程度上提供了气象应用组件的可重用能力。业务服务平台是面向决策用户的客户端,直接为决策气象服务提供服务产品制作、决策动态模拟、分析评价等服务。

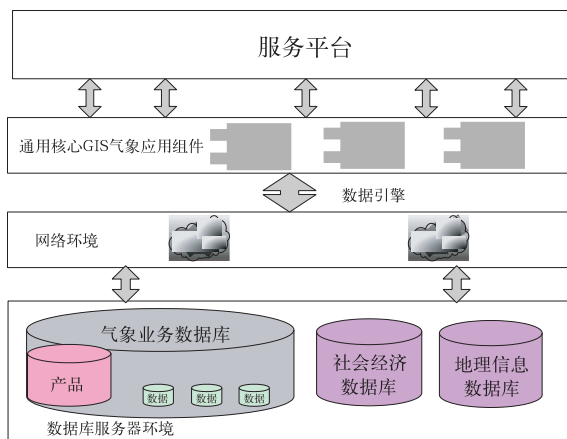


图 1 应用系统的总体框架

Fig. 1 Framework of the application system

2 系统功能介绍

2.1 基础电子地图

在空间数据库的基础上,制作了以 1:25 万比例尺为基础的电子地图,主要包括了省、市、县、乡行政区、5 级河流、数字高程模型 (DEM)、土地利用等数据。由于 1:25 万数据量较大,因此电子地图做成了分级显示,当用户缩放到一定比例时,更详细的信息才进行显示。利用 DEM 数据还制作提供了三维晕渲图来进一步增强地图的可视化效果。电子地图中省区以及县行政区图层上关联存储了经济、人口等重要信息,而北京、上海等地区则提供了更详细的大比例尺数据。

系统提供电子地图的多种查询方式,如点击查询、区域查询、属性到图形的查询等。用户将查询获取的基础信息与气象信息作进一步综合分析,供决策服务使用。

2.2 地图显示与气象制图

地图以水平分层、垂直分幅的方式进行管理,并

以工程文件形式进行存储。地图支持打开、关闭、存储、缩放、旋转、裁剪、全图显示、投影变换等基本操作,图层支持打开、关闭、显隐、上移、下移、图层透明等操作。为了满足制作省、市或者流域的服务产品需要,地图裁剪实现了按任意边界的裁剪功能。

在交互式气象制图方面系统提供了数据编辑功能,如几何图形的增加、删除、移动、平滑、色斑图修改等,以方便用户对预报和服务产品进行适当的订正。系统还提供了多种方式的专题图制作工具以及 ArcGIS 格式的天气符号库,以增强地图的表现能力。同时用户制图时还允许增加图例、比例尺、指北针、标题文字、注释性文字、经纬网、边框以及图片等图饰信息。最后,服务产品可以采用所见即所得的方式进行预览、打印以及矢量、栅格图片方式高质量输出。

为了进一步增强可视化效果,系统构建了基于 ArcGIS Engine 3D 组件的三维可视化环境。三维场景包含了行政区域、地形等基础地理信息,同时,用户可以将二维视图内已经打开的气象数据再加载到三维视图内进行三维表面化显示,如降水落区、台风路径、云图、雷达等。其中云图、雷达等栅格数据可以选择覆盖在地表上进行显示,也可以选择漂浮在地表上空进行显示,用户可以根据可视化效果进行灵活选择。

2.3 历史、实时资料检索

国家气象中心建立了历史、实时资料共享库,这为决策服务提供了重要的天气信息。系统提供以下检索方式:① 资料的站点查询统计:任意指定时间范围内日降水量、总降水量、降水量距平百分率、平均气温、最高气温、最低气温、气温距平满足范围值(下文称“界值”)的所有站点。② 资料的日数统计:任意指定时间范围内统计平均气温、最高气温、最低气温、日降水量、最大连续日降水量、连续日平均气温、温度距平超出指定界值的日数,并列表输出所有满足条件的站点及其降水日数或某要素的日数。③ 重要天气按站点查询:统计指定站点、指定时段内出现雾、沙尘暴、大风、冻雨、冰雹的日期、时次、强度。④ 历史资料逐日统计排序:对指定站点、指定时段内降水量、平均气温、最高气温、最低气温大于(小于)某界限值的日数(或该项目逐日值)从多到少或从少到多排序,并列出序号前 5 位的时间和数值。⑤ 旬、月报资料的查询:查询任何指定的旬(月)的平均温度、温度距平、总降水量、降水距平

百分率、降水日数、日照时数和日照百分率。所有查询结果,均以表格、曲线、或者统计图等合适的形式输出,表格数据具有复制、排序、另存、打印输出等基本功能。

2.4 灾情数据统计分析

中国气象局决策服务中心于2006年初步建立了基于网络的气象部门灾情直报系统,实时发生的灾情信息在县一级单位就可以通过网络上传至决策气象服务中心。目前,气象灾情分为天气气候事件直接产生的灾害、气象事件引发的衍生类灾害和与气象有关的社会气象事件3大种类,每天获得的灾情信息量很大,因此提供及时准确、高效的灾情查询与统计功能对于决策服务尤为重要。系统提供了较为灵活的综合检索功能,能够按不同省份、不同时间段、不同灾种以及灾害等级等多条件进行组合查询。查询结果以表格、曲线以及柱状图等形式输出。所有表格中的数字信息(如房屋倒塌数量等)均能进行求和等统计分析,用户还可以指定表格中某列值分别为横、纵坐标进行有意义的曲线绘制,所有统计分析结果均可以打印输出或者导出为外部数据文件。

2.5 台风预警分析与损失评估

系统实现了台风预报路径、历史移动路径、以及七级、十级风圈的可视化显示。其中,台风路径点按强度(最新台风分类标准)大小采用不同的符号化显示。同时系统还提供台风移动路径的动画显示效果。

根据台风实时移动路径或者预报路径可以分析出其可能影响的地理范围(即台风预警区),结合电子地图还能够进一步统计出预警区内所属行政区域(省、市、县)的面积大小、社会经济信息以及人口信息,从而给防汛等决策部门提供必要的基础信息。

台风的灾害损失评估采用了统计模型方法,即根据历史上同时期台风登陆后产生的灾害影响进行数学分析,然后得出统计意义上的模型。系统目前可以根据台风预报路径、过境可能的降雨量、台风中心风力、台风最大风速,以及强降水区和大风区域的预报等信息,来进一步预评估该台风所造成的损失,同时采用灾情指数的分级方法(分为重灾、大灾、中灾、小灾、轻灾5级)给出灾情评估结论^[9-12]。

2.6 自动制图作业

结合决策气象服务产品制作的业务需求,系统提供了基于数据库技术的服务产品业务化定时制作功能。为了满足实况天气监视要求,系统还提供了逐小时加密自动站温度、降水、风场等气象要素的实

时制图能力,并制成动画在大屏幕显示。

自动制图采用命令行方式,批处理产生参数文件后,后台定时启动作业。参数文件的主要内容包产品种类、图片文件名、图片大小、图片标题、颜色方案等。其中,产品种类参数采用SQL语句,用户可以指定气象要素、制图区域、产品时效等参数,它提高了制作服务产品的灵活性,一定程度上适应了应急制图服务的要求。

3 GIS应用的关键技术分析

GIS应用于决策气象服务系统建设时,需要解决以下几个关键技术问题,阐述如下。

3.1 气象数据转换

决策气象服务系统所处理的气象信息,一方面来自数据库中所存储的各类历史与实时资料,另一重要方面来自预报业务平台MICAPS系统的数据文件。MICAPS经过多年的应用与发展,其数据文件已经成为气象领域目前应用最广泛的数据交换格式,但这些格式均是目前通用GIS软件不能共享与访问的。因此,GIS应用于气象领域,首先要解决的就是气象资料的数据转换问题。

GIS中空间数据是按矢量模型和栅格模型进行组织和管理的,而矢量数据又细分为点、线、面3种类型,同类型的矢量数据可以形成矢量图层。因此,MICAPS数据文件可以按照GIS的数据组织方式进行转换和管理。其中MICAPS中1类、3类、7类、8类、14类均可以转换成矢量数据进行读入,如转成Shape文件。而MICAPS中4类(如云图、雷达以及模式输出产品)等则可以转换栅格数据,如GRID文件。

MICAPS中14类数据存储了预报员交互产生的数据,是一种较为复杂的文件格式,它可以存储很多信息,如普通线、封闭线、点符号、线符号、文本,而GIS特别是ArcGIS数据组织却是不允许同一层中表达不同类型的矢量数据(如线、面存在于同一图层)。因此需要将其转换的数据进行重新组织形成多个图层,并结合气象符号采用不同的专题方式进行渲染绘制。为了方便用户作进一步的填色处理,系统将14类中的封闭线形成了多边形图层。

3.2 插值算法分析

插值是在离散数据之间补充一些数据,使这组离散数据能够符合某个连续函数。插值分析是气象信息处理应用最为广泛的分析算法之一,在决策气

象服务系统建设中也多次采用插值算法将离散点数据插值成连续的表面数据,然后进一步形成等值线或者色斑图。

气象领域应用最多的插值方法为 Cressman 插值算法,它采用逐步订正方法进行最优化插值^[13]。尽管 ArcGIS 软件提供了多种通用的插值算法,如反距离加权平均(IDW)、最近邻插值、样条插值以及较为复杂的克里格插值方法,但并没有提供 Cressman 插值算法。因此,采用 COM 接口方式实现 Cressman 插值算法,并写成通用气象应用组件式,供应用程序调用。

3.3 基于空间信息检索分析

GIS 与一般制图系统的重要区别在于其强大的空间分析能力,它能表达现实世界地理要素的空间位置与空间关系。系统在实现气象要素信息查询时采用空间分析技术。首先系统将目前实时库、历史库中所有观测台站通过“地理坐标编码”的方式转换形成空间数据,其属性值包含了台站名称、台站号以及台站类别等信息。在进行数据检索时,将台站以图层的形式加载到业务系统中以便提供用户基于空间区域的气象要素检索。系统设计了按省、市、县以及流域等多种区域选择方式,供用户按区域自由选择台站,从而作进一步分析,如分析某区域的气象要素等值线图、色斑图等。系统在灾情信息检索分析以及台风预警分析中也采用了空间分析技术。

3.4 评估模型的插件技术

GIS 技术提供了较强的空间建模能力,如栅格分析、影响范围分析、缓冲区分析等有利于台风等灾害性天气损失评估模型的建立。但由于模型的复杂性、多样性和可变性,用户可能需要经常修改模型及模型所采用的参数以适应动态变化的实际情况。对于特定模型参数,虽然可以采用配置文件实现,但如果采用的模型本身发生变化,就很难在配置文件上做相应的修改而实现。因此系统设计时采用了 COM 插件技术以便增强系统的可扩展性和适应性。

插件采用了自定义的标准化接口来与主程序进行通讯,有基本参数,启动调用,还有将模型计算结果进行可视化的显示接口。同时系统提供了模型增加、修改、删除等模型管理功能。

3.5 气象三维可视化

GIS 技术近年来也逐渐朝三维化方向发展,目前已经出现了三维 GIS(3D GIS)的研究热点,以期实现地理信息的真实三维显示与分析功能。目前

3D GIS 技术还没有被广泛应用于气象领域,而仅仅是将其作为气象模拟研究的工具,其主要原因在于三维数据模型的建立还比较困难^[14-15]。Arc Engine 3D 组件支持多分辨率影像、地形数据以及矢量数据的显示,它是一种表面模型的三维可视化技术,尽管不能真实模拟三维天气现象,但从二维视图到三维视图确实可以大大增强可视化分析与制图的效果。

决策气象服务系统实现了地球的三维场景,主要可视化内容包括全球行政区域、中国范围内的地形数据、各类气象要素,并提供了必要的三维操作工具,如三维漫游、选择、查询、文本标注以及动画等。作为服务产品的三维制作,还是基本能满足要求。

4 结束语

本文讨论了基于地理信息技术的决策气象服务系统建设的总体框架以及主要功能,并对系统建设中应用的 GIS 关键技术问题进行探讨。系统建设表明,基于 GIS 技术能够实现高效灵活的气象制图功能,提高服务产品的可视化水平;结合 GIS 的空间分析能力,能够实现气象信息的综合查询与检索;结合 GIS 的空间建模能力,能够对灾害性天气作深入分析起到辅助决策作用。该系统的建设,将为气象决策部门解决“应对日常服务、紧急服务情况,开展灵活的决策气象服务”等重大问题提供一个非常有效的工具平台,也为进一步开发全国综合性决策服务系统提供了一个良好的建设思路。

参考文献

- [1] 中国气象局办公室. 中国气象局业务技术体制改革总体方案. http://www.cma.gov.cn/qxzt/yjtzgg/wjhb/zt/t20060406_170222.phtml, 2006.
- [2] 李江南. GIS 在气象数据处理中的应用. 广东气象, 2002, (4): 14-15.
- [3] Frans J M, van der Wel. Making Meteorological Data Accessible to the User Community: The Increasing Role of GIS at a Meteorological Institute. ESRI User conference of 99 year. <http://gis.esri.com/library/userconf/proc99/proceed/papers/pap603/p603.htm>, 2006.
- [4] 毛卫星, 王秀荣, 刘海波. 全国气象业务服务信息系统中图形产品的研制开发. 新疆气象, 2005, (5): 1-3.
- [5] 刘海峰, 曲金华. 浅谈地理信息系统(GIS)在气象中的应用. 吉林气象, 2002, (2): 10-11.
- [6] 林荔, 张敏, 周信禹. 福建省决策气象服务工作平台功能简介. 广西气象, 2005, (9): 39-41.

- [7] 吴炜, 尤军, 刘素芳, 等. MICAPS 分析产品向图像文件的转换. 山东气象, 2001, (12):28-29.
- [8] Ronald J Sznajder. Operational Uses of Weather Information in GIS Based Decision Support Systems. MxInsight[®] White Paper, 2005.
- [9] 姚棣荣, 刘孝麟. 浙江省热带气旋灾情的评估. 浙江大学学报(理学版), 2001, (5):344-348.
- [10] 江春发, 仁谦. 用 GIS 技术建立台风跟踪预警系统. 华侨大学学报(自然科学版), 2003, 24(1):60-63.
- [11] Chang Liang, Duan Zhongdong, Ou Jinping. GIS applications in typhoon simulation and hazard assessment. *Journal of Harbin Institute of Technology (New Series)*. 2005, 12(4):383-387.
- [12] Shipley Scott. GIS Applications in Climate and Meteorology. 16th Interactive Information Processing Systems, 2000:179-182.
- [13] 冯锦明, 赵天保, 张英娟. 基于台站降水资料对不同空间内插方法的比较. 气候与环境研究, 2004, 9(6):261-277.
- [14] 盖印. 三维 GIS 的天气现象模拟研究与应用. 大连:大连理工大学, 2005.
- [15] 任志民. 基于三维 GIS 平台的气象模拟系统的设计与实现. 大连:大连理工大学, 2004.

Application of Geographic Information System to Decision-making Meteorological Service System

Wu Huanping¹⁾ Luo Bing¹⁾ Wang Weiguo¹⁾ Duan Yan'e²⁾

¹⁾ (National Meteorological Center, Beijing 100081)

²⁾ (Beijing University of Agriculture, Beijing 102206)

Abstract

Based on the component GIS technology, a framework of decision-making meteorological service system is proposed, which is composed of three layers. The lower layer is the data layer where meteorological data, geo-spatial data and socioeconomic data are mainly stored, and fundamental data for upper layers are provided. The middle layer is a general core meteorological component developed by GIS components, which is composed of many basic functions and interfaces to support the upper application such as interpolation algorithm and spatial measurements. The upper layer is the service platform including specific features for products building and decision-making. This multi-tiers architecture has greatly enhanced the reusing, sharing and scalability of the application. Six features of the system are introduced in brief as follows; Electronic map querying, meteorological mapping, historical and real time data retrieval, damage statistics and analysis, typhoon warning and damage assessment, and customize mapping automatically. Five key issues of GIS applying to meteorological service system are addressed. Firstly, to make current meteorological data share with GIS community, conversion method of meteorological data to the GIS format are discussed, complying with GIS concept data model, such as shape and GRID format. Secondly, spatial interpolation algorithm is focused on, and the potential and limitations of existing GIS interpolation functionality for specialization of meteorological and climate data are studied, and then a recommendation algorithm for specific application is set up. Thirdly, the meteorological element retrieval based on spatial technology is discussed. The fourth key issue is that plug-in software technology is adopted to build an assessment model about typhoon disaster evaluation, which can easily be added to and removed from the system since the model is changed constantly. Last, a surface model is introduced to implement three-dimensional visualization of meteorological data. In conclusion, it is found that the meteorological mapping capability can be greatly strengthened by GIS, the visualization effect of services produces can be improved, and spatial retrieval of meteorological elements can be implemented, disaster weather can be analyzed deeply for auxiliary decision-making.

Key words: GIS; meteorological mapping; meteorological element retrieval; damage analysis; 3D-visualization