

基于GIS的实时雨情分析系统开发与应用

杨铁钢 孙令东 白秀芳 张铁栓 段心灵

(内蒙古自治区巴彦淖尔市气象局, 巴彦淖尔 015000)

摘要: 基于GIS技术, 实时雨情分析系统使雨情数据库的数据在GIS平台的电子地图相关监测点上实时显示、动态反映, 并且能够以色斑图、曲线图等直观图的形式表现出来, 为雨情动态监测信息共享提供了开放的信息空间; 同时根据模式预报做出了未来3、6、9、12、15、18、21、24h临近降水预报, 以及出现降水后根据实况降水进行后续降水的预测估计, 为降水的提前预警提供了依据; 同时还实现了任意时间段雨情的智能分析, 包括自动生成雨情分析内容和手机短信发送内容。该系统的应用, 实现了巴彦淖尔市临近降水预报业务的定时、定点、定量分析, 为预报服务人员决策服务提供了参考。

关键词: ArcGIS Engine, 实时雨情, 空间数据

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2014.03.011

Development and Application of the Real-time Precipitation Analysis System Based on GIS

Yang Tiegang, Sun Lingdong, Bai Xiufang, Zhang Tieshuan, Duan Xinling

(Bayannur Meteorological Bureau, Bayannur 015000)

Abstract: Based on GIS technology, the real-time precipitation analysis system enables the data of rainfall database in GIS platform on the electronic map-related monitoring point to reflect real-time precipitation dynamically and represent itself in the form of color map, chart, diagram, providing open information for the dynamic rainfall monitoring information sharing. At the same time this system makes the close-to-precipitation forecast possible in the future 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24 hours according to the prediction model and the subsequent precipitation forecast easier according to the actual rainfall, truly realizing the early warning of precipitation function. It is also possible for the system to realize the intelligent analysis of any time rainfall, including automatically generating rainfall analysis content and SMS rainfall content. The application of the system will realize the timing, fixed point, quantitative analysis near the precipitation forecast business so as to assist staff to make correct and timely decisions.

Keywords: ArcGIS Engine, real-time rainfall, spatial data

1 引言

地理信息系统(GIS)具有集空间数据获取、管理、分析、建模和显示于一体的显著优势, 其在很多领域发挥了其他信息系统难以发挥的作用。GIS应用日益趋向综合, 组件式地理信息系统为新一代的GIS应用提供了全新的开发方式, 其无限扩展性、低成本、易普及、无缝集成等特点, 使其成为GIS软件发展的重要趋势^[1-4]。

GIS技术在洪水评估与防洪减灾等领域得到广泛的应用^[5-7]。气象部门防汛、防旱、防灾工作特点是实时性和实效性, 各种主要业务系统都需要通过定时获取外部系统信息, 从而针对天气情况进行分析和决

策。随着网络带宽的不断扩容和网络GIS功能的不断增强, 加上GIS技术较低的开发和管理成本、真正的信息共享、优良的跨平台性能以及方便扩展等优点, 使其成为解决雨情信息共享和多部门协作问题的首选技术方案^[8-10]。通过构建实时雨情监测分析系统, 其雨情空间信息共享平台、空间分析手段已成为地方应急部门的决策依据。本文即讨论了基于GIS的实时雨情监测分析系统的实现方法及其功能。

2 系统开发平台环境与技术流程

ArcGIS Engine是ESRI在ArcGIS9版本才开始推出的新产品, 它是一套完备的嵌入式GIS 组件库和工具库, 使用ArcGIS Engine开发的GIS应用程序可以脱离ArcGIS Desktop而运行。ArcGIS Engine面向的用户并不是最终使用者, 而是GIS项目程序开发人员。对开发人员而言, ArcGIS Engine不再是一个终端应用, 不再包括ArcGIS桌面的用户界面, 它只是一个用于开发新

收稿日期: 2013年1月14日; 修回日期: 2013年7月8日
第一作者: 杨铁钢(1982—), E-mail: ytgstudent@163.com
资助信息: 内蒙古自治区气象局青年科技创新项目(nmqnqx201209)

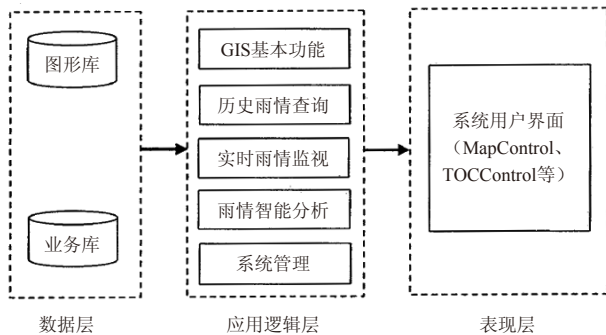


图1 系统结构

应用程序的二次开发功能组件包^[11-12]。

考虑到系统的兼容性、稳定性、响应速度、可维护性、扩展性和可升级性等要求，系统在软件配置方面尽量考虑了技术上较成熟和通用的产品，在开发模式上采纳了当前较为稳定的客户机/服务器（C/S）技术。系统的数据服务器端运行在Microsoft Windows 2000/2003 Server上，采用Microsoft SQL Server 2005数据库。客户端采用ArcGIS Engine9.3和C#编程语言开发的数据处理分析显示系统。

3 系统结构设计

系统选择C/S的3层结构模式：数据层、应用逻辑层和表现层。系统的结构如图1所示。系统数据层划分为图形数据库和业务数据库；应用逻辑层为用户提供各种基本的地图操作、历史雨情信息查询、实时雨情监测、雨情智能分析等功能。表现层由ArcGIS Engine中的MapControl、TocControl、ToolBarControl等控件来表现。

3.1 表现层

通过ArcGIS Engine的MapControl、TocControl、

ToolBarControl等控件构成系统主界面，实现与用户的交互。

3.2 应用逻辑层

应用逻辑层是由系统的功能模块构成。用户通过表现层对系统功能进行操作，应用逻辑层根据用户的操作从数据层中找到对应的数据，并进行有关的处理，最后将结果通过应用逻辑层提交到表现层。该层建立数据层与表现层之间的联系。

3.3 数据层

负责数据的存储及提供系统所需的数据。采用此结构将数据与应用分开，使数据修改和系统修改互不干扰，确保了系统的可移植性、稳定性，提高了系统的安全性，使系统更容易进一步扩充和调整。数据层包括了图形数据库和业务数据库，各自的内容为：图形数据库包括基础地理数据图、雨量站分布图和社会生产统计信息表；业务数据库包括测站数据、降水量小时数据、日降水量数据表。

4 系统功能模块设计

雨情分析系统的前提是为防洪、防汛提供决策依据，则需要在保证雨情数据的实时性和准确性的前提下，提供可视化的GIS图形操作界面，实现实时雨量数据的显示与标注、不同时段不同站点的雨量信息的查询、雨量数据的图形表达。从功能上可以分为雨情信息查询模块、实时雨情监视模块、雨情智能分析模块和系统设置模块等（图2）。

4.1 雨情信息查询模块

系统提供两种雨情信息查询方式。一种是由用户在雨量表中选择雨量测站的名称，然后右击菜单进行查询，系统将给出查询站点的小时雨情变化信息和

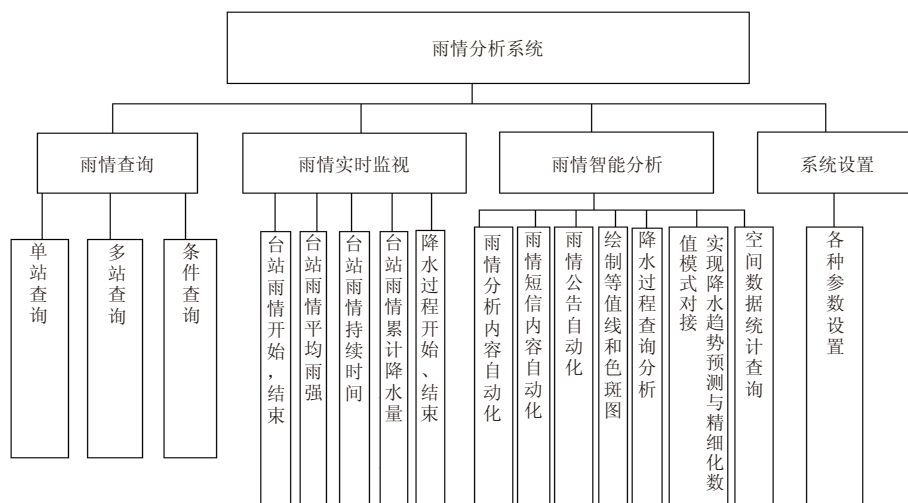


图2 系统的功能模块

累计雨量信息。另一种是利用GIS选择工具（例如点选择、矩形选择）在地图上选择查询的站点，系统将给出选中范围内所有站点的雨情信息。本系统能实现任意时段的雨情信息查询，也能查询小时数据、日数据和冬季固态降水数据。根据一次查询雨情测站点的数量，雨情查询模块又可以划分为单站查询、多站查询。另外，系统还可以对雨情测站点进行模糊条件查询和定位。用户可以输入待查站点雨量大于某个数值，系统将在地图上显示满足条件的站点，并在地图上标注站点名称和雨量信息。针对多个测站点雨情，可以用数据列表显示或图表方式显示，还可以排序显示雨情数据（大到小排序）。

4.2 雨情实时监视模块

针对数据分析，系统提供了两种状态：历史状态和实时状态。在历史状态下可以重新演绎历史雨情演变过程，在实时状态下可以进行实时雨情的监视。

针对雨情数据监视，系统提供了两种模式：常规模式和监视模式。在常规模式下可以进行雨情信息查询统计分析，在监视模式下可以进行实时雨情的监视，这样设计可以保证系统在每一时刻都处在一种状态，使系统逻辑清楚，同时也可以用全图的方式对实时雨情进行监视。

监视模块能对降雨开始时间到当前时间的单站和多站的雨情信息进行监视，用户可以监视任意台站降雨开始时间、平均小时雨强、持续时间、累计雨量。

4.2.1 单站雨情监测分析

监控（自动站和区域自动站）小时降水量：主要监控何时哪个站开始降水，或者哪个站大于预设值，即何时数据库里降水字段的数据大于预设值。

监控（自动站和区域自动站）平均雨强度：监控何时哪个站大于平均雨强度的预设值。

监控（自动站和区域自动站）累计总量：监控何时哪个站大于累计总量的预设值。

实时查看每个站点（自动站和区域自动站）小时降水的动态变化。

记录每一台站的降水记录：降水开始时间、结束时间及累计总量。

4.2.2 降水过程监测分析（过程雨量分析）

过程雨量分析：有（预设值）的站点开始降水，表示一次降水过程的开始，当所有站点的小时降水量等于0，则表示一次降水过程的结束。通过气象站点降水信息和GIS实现降水信息的再生和格点化产品（每小时画一次过程累计降水量图）。

4.3 雨情智能分析模块

逐日雨情分析自动化：自动分析巴彦淖尔市所属区域内雨情内容和短信发送方内容，通过系统设置自动生成雨情公报；

降水过程查询：即可以查询每一次降水过程的开始时间、结束时间及过程降水总量，也可以查询每一个站点的降水开始、结束时间和过程降水量；

空间统计：自定义手工绘制区域，针对绘制区域可以进行农、牧、林业社会生产信息的统计（比如人口、农田面积等）；

模式预报和降水实况无缝隙衔接：根据模式预报做出未来3、6、9、12、15、18、21、24h临近降水预报以及出现降水后根据实况降水进行后续降水的预测，真正实现了降水的提前预警功能。

4.4 系统设置模块

系统的设置主要是对系统的参数进行设置，比如：数据库连接设置、数据监视预设值设置等。

4.5 系统地图有关功能

本系统利用ArcGIS发布矢量地图，在地图上叠加各种信息对象标志，其基本功能设置如下：（1）图形的基本操作：包括对空间数据的放大、缩小、漫游、全屏显示等基本操作；（2）地图图层控制功能：可任意开关地图图层；（3）栅格图层风格化：针对不同的渲染方案，可以进行颜色模板的保存、导入、导出等功能；（4）保存图片：系统摒弃了制图排版界面，将排版制图交由后台处理，利用已经制作好的MXD文档，通过更改图名、选择图例即可出图，也可通过ArcGIS自己更改底图风格。

5 等雨量线绘制

等雨量线即降雨量等值线，是平面地图上降雨量相等的若干个点的连成的光滑曲线，是根据有限站点提供的降雨资料，采用一定的插值方法，绘制出的连续等值点的雨量线。等雨量线图是由一系列成等差数列的等雨量线簇组成的^[13]。根据实时雨量数据绘制的雨量等值线图能够反映和表现雨量的变化和发展趋势，研究降雨的空间分布特征，得到形象的全局概念，可以直观地反映雨量空间分布和暴雨中心位置，为气象部门进行洪水预报和雨情分析提供了重要的决策依据。

由于某一区域内雨量测站地理位置分布是不均匀的，因此雨量数据可以看作是离散的数据。又因为降雨量主要受天气和地貌的影响，这又使降雨具有一定的规律性。为了能够全局地查看降雨量分布及数据，

并且大致了解降雨趋势,很有必要绘制等雨量线,正确实时的雨情形式分析是防洪防灾决策的依据。在气象部门,等雨量线是一个重要的分析手段,计算流域平均雨量和降雨总量都需要等雨量线。过去绘制等雨量线是在纸质地图上用人工绘制,一般需要2~3h,再加上计算不同地区的降雨总量,需要花费更长的时间,工作量很大,效率低并且经常出错,图形也不美观,给工作带来极大的不便,不能适应洪水预报与防洪决策中快速、准确的要求。近几年,随着GIS技术的发展,利用GIS技术实现等雨量线的绘制,可以快速地得到等雨量线。由于雨量测站的空间分布很不规则,要把这种不规则的数据转成规则的网格数据,就需要利用特定区域已知的离散观测数据来估计规则网格点上的非观测数据,这就是所谓的“空间内插”^[14]。目前空间内插的方法很多,不同的插值方法插值结果差别也比较大。

常用的空间插值方法有反距离加权插值法、样条函数插值法、克里格插值法、多项式插值法、趋势面法等。本文选取ArcEngine提供的反距离加权插值法、样条函数法和普通克里格法进行雨量插值分析比较,确定一种适合绘制本地区等雨量线的插值方法。

将反距离加权法、样条函数法和普通克里格法所得到的拟合值与实测值进行比较,计算误差均值和误差均方根^[15],发现从插值的误差均值和误差均方根总体最小而言,普通克里格法优于样条函数法,样条函数法又优于反距离加权法。因此,这3种方法中,普通克里格插值方法更适用于巴彦淖尔地区的降雨内插。

6 结论

实时雨情分析系统研发的最终目标就是要实现雨量数据自动显示分析处理、自动制作雨量等值线、色

斑图、图形报表的形成。根据模式预报做出未来3、6、9、12、15、18、21、24h临近降水预报以及出现降水后根据实况降水进行后续降水的预测,以及分析结果的自动上网。系统使用面向对象的软件工程方法,利用C#研制开发,采用GIS技术,实现以地图信息形式绘制雨量的等值线或等值面,把数据库数据的提取、分析、显示、绘制图、网页发布等功能融为一体,做到准确性、真实性、美观性与实用性的有机结合,同时实现了临近降水预报业务的定时、定点、定量预报。

参考文献

- [1] 龚晓燕,王强民,陈金水.水雨情信息空间发布技术的研究与实践. 河海大学常州分校学报,2006,20(2): 26-29.
- [2] 张毅,刘瑜.水环境空间信息管理系统的设计和实现. 地理学与国土研究,2000,16(4): 49-53.
- [3] 济南市城市防汛预警决策支持系统研究报告. 山东大学,2009.
- [4] 郇伦,刘瑜,张晶,等.地理信息系统——原理、方法和应用. 北京:科学出版社,2001.
- [5] 周成虎.地理信息系统的透视——理论与方法. 地理学报,1995(50): 1-12.
- [6] 张法.我国GIS发展的状况及前景. 测绘标准化,1995(1): 42-46.
- [7] 梁红莲,刘登忠. GIS应用现状及发展趋势探讨. 物探化探计算技术,2001,23(1): 68-73.
- [8] 郑晓阳,胡传廉.上海市防汛辅助决策系统研究. 水文,2003,23(2): 33-36.
- [9] 李青元,刘纪平,雷兵,等.基于GIS的桌面水利信息系统设计与实现. 遥感信息,1998(S1): 92-96.
- [10] 雷玲玲.数字清江空间与雨情信息发布网络平台的构建与实现. 武汉:华中科技大学硕士学位论文,2005.
- [11] 黄康. ArcIMS 原理分析及在浙江省水雨情 WebGIS 系统中的应用研究. 杭州:浙江大学硕士学位论文,2005.
- [12] 陈锡林,闻余华,董家根,等. GIS在江苏省实时水情图形显示分析系统中的应用. 水文,2002,22(6): 43-46.
- [13] 朱跃娟.实时水情信息服务系统的设计与开发. 南京:河海大学硕士学位论文,2005.
- [14] 冯锦明,赵天保,张英娟.基于台站降水资料对不同空降内插方法的比较. 气候与环境研究,2004,9(2): 261-277.
- [15] 孟庆香,刘国彬,杨勤科.黄土高原降水量的空间插值方法研究. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2006,34(3): 83-88.