

基于 RS 和 GIS 的洪涝灾害监测评估运行系统平台构建

胡卓玮 宫辉力 朱丽英 赵文吉 李小娟

(1. 首都师范大学, 北京 100037; 2. 资源环境与地理信息系统北京市重点实验室, 北京 100037; 3. 三维信息获取与应用教育部重点实验室, 北京 100037; 4. 中国测绘科学研究院, 北京 100039; 5. 北京四维远见信息技术有限公司, 北京 100039)

摘 要: 我国的洪涝灾害发生频率非常高, 尽管随着科学技术的发展, 防洪减灾的手段得到了提高, 但由于经济也在快速发展, 因此洪涝灾害造成的经济损失越来越大。面对日益严重的洪涝等自然灾害问题, 我国政府对灾害管理和减灾工作给予了高度重视, 并且开始将科技进步作为推动减灾工作的强大动力。随着我国遥感及地理信息应用技术的不断提高与成熟, 遥感与地理信息技术已经越来越多地应用于洪涝灾害的从预警、监测到评估的各个阶段, 但如何在现有数据、软件及技术的基础上, 构建一套具有洪涝灾害快速响应、灾害损失快速评估、灾害救助辅助决策等功能于一体的综合应用平台成为目前被广泛关注的问题。本文以常用遥感数据为主要数据源, 探讨了综合应用不同遥感及地理信息系统平台软件, 在灾害信息提取模型、灾情分析模型、灾害救助决策模型等的支持下, 实现洪涝灾害监测评估运行系统平台集成的思路和关键技术, 所构建的系统平台具有连续监测、易于扩展、使用方便的特点, 在实际运行过程中收到了良好效果。

关键词: 洪涝灾害; 监测; 救助决策; 遥感; 地理信息系统

0 前言

在我国, 洪涝灾害发生相当频繁, 基本上每年都会发生, 防洪、抢险、救灾几乎成了每年的必修课。随着科学技术的发展, 防洪减灾的手段得到了提高, 但由于经济也在快速发展, 洪涝灾害造成的经济损失也越来越大。如我国 1991 年因洪涝灾害造成的直接经济损失为 779.4 亿元, 1994 年为 1796.5 亿元, 1995 年为 1653.3 亿元, 1996 年为 2208.4 亿元, 1998 年达到了 2550.9 亿元。洪涝灾害已经成为我国社会经济持续发展中重要的制约因素之一。

面对日益严重的洪涝等自然灾害问题, 我国政府对灾害管理和减灾工作给予了高度重视, 将防灾减灾作为保障国民经济和社会可持续发展的重要举措, 将科技进步作为推动减灾工作的强大动力。在实际工作中, 充分研究利用遥感、地理信息系统等空间技术对自然灾害进行监测、预警及灾情评估, 并将研究成果业务化, 使之满足对灾害的应急响应, 这对于提高我国减灾、抗灾以及救灾水平有重要意义。针对这一目标, 我国已开展了一系列工作, 例如在 2000 年国防科工委将“环境与灾害监测预报小卫星星座”列入“民用航天‘十五’计划和后 10 年规划思路”, 并纳入《中国航天白皮书》民用卫星发展重点; 2002 年国防科工委正式将“环境与灾害监测预报小卫星星座”命名为“环境一号卫星(HJ-1)”, 2003 年 2 月环境与灾害监测预报小卫星星座建设工作进入实施阶段。

在此基础上, 如何切实有效地发挥对地观测技术在洪涝灾害监测中的作用, 通过地理信息系统技术和其它计算机技术构建具有快速响应、连续运行能力的洪涝灾害预警、监测与救助决策支持系统, 是目前关心的重要问题。本文结合实际工作, 介绍了基于 RS 和 GIS 构建洪涝灾害监测评估运行系统平台的思路和方法, 对其中涉及的关键技术进行了讨论。

1 系统运行模式

本次灾害救助监测评估运行系统平台构建研究针对洪涝灾害,首先研究灾情信息提取及评估方法,为减灾卫星数据的预处理与各种专题产品开发提供必要的基础参数。同时,通过对灾情监测与评估在灾前、灾中、灾后各个环节的关键技术、模型的研究,为减灾遥感监测业务化运行提供技术支持,确保减灾卫星遥感数据得到充分有效利用,对灾害实现全天候、全天时、动态的监测,对灾害实现快速反应,最终提高我国灾害管理与决策的整体水平。

1.1 业务化运行模式

对遥感技术的简单应用往往没有涉及业务部门工作,从而无法真实、全面理解业务部门实际需求的面向科研的应用,一定程度上会阻碍遥感在减灾领域应用的发展,以及遥感灾害监测信息的有效应用。随着公众对减灾、尤其是救灾的要求逐年提高,遥感减灾应用将根据公众的需求和减灾决策者的要求,本着为公众服务的目的,由需求驱动发展,走向业务服务型的道路。

系统应以传统的遥感、GIS 应用集成模型为基础,通过建立与洪灾信息提取模型相对应的技术标准、规范和流程,设计遥感数据处理业务化流程与方法,建立为洪涝灾害救助决策支持设计的遥感数据业务化处理模块,实现遥感数据处理的业务化,为整个洪涝灾害救助决策支持的业务化奠定基础。

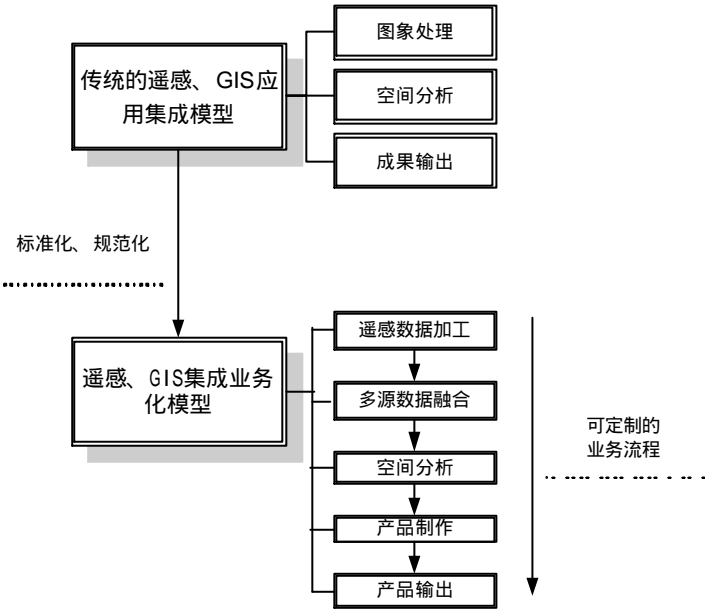


图 1 业务化运行模式示意图

1.2 灾前、灾中、灾后三级运行模式

系统应提供全天候的运行环境,在灾害发生前、发生时、发生后提供多种辅助决策服务,真正为防灾、减灾及灾后重建提供多样化支持。

系统在灾前对定期遥感数据、水文与气象数据及历史数据进行分析,根据历史灾害资料及区域灾害综合特征,对未来可能发生的灾害进行预报,确定灾害风险等级,对各种可能发生的结果进行预警,实现洪涝灾害的灾前预警和预评估。

系统在灾害发生的过程中,根据实时遥感数据、水文与气象数据对洪水灾害进行动态评估,结合灾区自然、社会、经济、交通状况,制订防灾救灾措施,确定灾区人员撤退范围、拟订灾区人员撤退路线、抗灾物资运输路线,对可能并发的其它自然灾害或疫情进行预报,

为灾害应急响应和紧急救助提供决策支持。

系统在灾害发生后根据历史遥感数据、即时遥感数据、现场调查数据等对灾害损失进行全面核定，同时对灾民生活状况做出评估，为灾区恢复重建以及灾民生活救济安排提供决策支持。

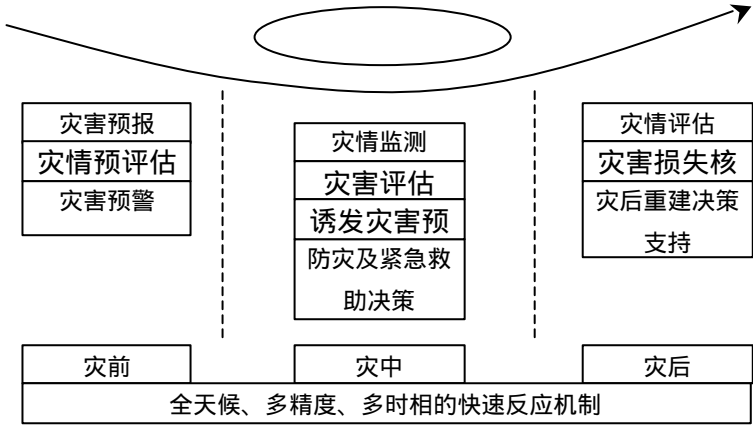


图 2 灾前、灾中、灾后三级运行模式

2 系统组成

2.1 硬件组成

本系统采用 C/S 架构，硬件配置主要分为服务器端和客户端，同时考虑到系统数据量大，主机和网络的要求条件较高，网络性能至少达到百兆网速，为系统流畅运行提供必要保障。

2.2 软件组成

系统在商业遥感、GIS 软件平台基础上建立。ArcGIS 9 系列产品在海量空间数据（矢量与栅格）管理、空间分析、地图制作与发布等方面拥有强大功能，ERDAS 8.7（未来升级产品为 ERDAS 9 系列）在多源遥感数据加工、处理、融合等方面亦有出色性能，并且二者分别是全球 GIS、遥感领域市场占有率最高的商业软件，同时在互操作及数据共享方面具有较高的可操作性，因此本系统将采用 ArcGIS 9 系列和 ERDAS 8.7（可升级后为 ERDAS 9 系列）分别作为 GIS 与遥感软件平台，同时，在必要时使用其它商业软件实现功能上的补充，但系统运行平台将在 ArcGIS 9 Desktop 上建立。

系统选用 Oracle 9i 作为数据管理平台，与 ArcSDE 9 一同建立系统空间数据仓库，实现海量空间数据的存储、管理、调度。

2.3 ArcGIS 9 及其承担的任务

ArcGIS 9 由一系列软件组成，分别是桌面 GIS 应用软件 ArcGIS 9 Desktop（包括 ArcMap，ArcScene，ArcCatalog 等），空间数据引擎 ArcSDE 9，地图网络发布软件 ArcIMS 9 等。

ArcSDE 是目前使用最广泛、性能最稳定的 GIS 空间数据引擎之一，在海量空间数据管理、栅格目录（Raster Catalog）管理、面向对象数据模型等方面占据领先地位，它支持几乎所有的主流商业数据库管理软件，能够方便的实现数据备份、恢复以及在不同数据库之间的转换，ArcSDE 支持长事务处理、版本编辑。ArcSDE 中的空间数据模型比较完善，能够以面向对象方式建立各种复杂的空间数据关系模型。

ArcGIS 9 Desktop（包括 ArcMap，ArcScene，ArcCatalog 等）是一套功能齐全的 GIS 桌面应用软件，在数据处理与加工、数据桌面管理、地图制作、三维景观制作、栅格空间分析、矢量空间分析等方面拥有强大功能。此外，9 版本的 ArcGIS Desktop 中还拥有了基于模型的空间数据处理、空间分析功能，其提供的模型编辑器简单易用，为本系统的业务化运行模式提供了实现基础。

ArcGIS 9 系列产品基于全 COM 组件 ArcObjects 建立，因此，这套产品具有很好的二次开发环境，通过各种支持 COM 的高级程序设计语言，可以实现对 ArcGIS Desktop 软件环境的定制，同时通过调用 ArcGIS 空间数据管理、空间分析等方面的功能并加以集成，可以实现基于通用 GIS 功能的复杂建模，通过 ArcGIS Desktop 模型编辑器建立的各种模型也同样可以被调用。

综上所述，系统将基于 ArcGIS 9 Desktop 建立运行平台，通过调用 ArcGIS 空间数据处理、空间分析功能实现一般 GIS 功能，通过调用 ArcGIS 模型或者通过高级程序设计语言对基本 GIS 功能进行集成实现复杂 GIS 功能，从而为系统的业务化运行模式实现奠定基础。系统的空间数据存储与管理将通过 ArcSDE 和 Oracle 9i 来实现。

2.4 ERDAS 8.7 及其承担的任务

ERDAS IMAGINE 以其先进的图像处理技术，友好、灵活的用户界面和操作方式，面向广阔应用领域的产品模块，服务于不同层次用户的模型开发工具以及高度的 RS/GIS（遥感图像处理和地理信息系统）集成功能，为遥感及相关应用领域的用户提供了内容丰富而功能强大的图像处理工具，代表了遥感图像处理系统未来的发展趋势。

ERDAS 对几乎所有类型的遥感图像格式提供支持，并且随着软件的升级，可支持的格式还在不断增加。ERDAS 支持 JPEG2000 压缩格式，因此在图像压缩方面具有良好的性能。

利用 ERDAS 可以完成各种遥感图像处理、加工与分析工作，包括投影变换、几何纠正、辐射纠正、大气校正、影像融合、影像镶嵌、正射影像制作、地物分类、图像增强、特征提取等等。在矢量数据方面，ERDAS 提供了专门的模块来进行矢量数据的编辑与转换工作（结果可以保存为 ESRI Coverage 格式）。ERDAS 还有强大的雷达数据处理功能，可以进行卫星合成孔径雷达数据的处理、加工以及与其它数据的融合工作。

ERDAS 拥有良好的用户定制与开发接口，通过 EML 语言可以对 ERDAS 的软件界面进行修改，通过 ERDAS C Developer's Toolkit 提供的 API 函数可以对 ERDAS 所具有的功能进行组合，从而在已有功能的基础上实现新的功能。ERDAS 为 ArcGIS 提供了专门的扩展模块用于遥感影像处理与分析（ArcGIS Image Analysis）以及立体分析（ArcGIS Stereo Analyst）。ERDAS 与 ArcGIS 之间通过 ArcObject 进行互操作。

ERDAS 还可以针对 ESRI Geodatabase 数据进行无缝访问，即通过 ERDAS，可以象访问其它文件数据一样来访问存储在 Personal Geodatabase、Enterprise Geodatabase 中的栅格（影像）数据。

综上所述，ERDAS 在本系统中将承担影像处理、加工以及分析工作。通过 ERDAS C Developer's Toolkit 和 Spatial Modeler 对基本功能进行组合，在 ERDAS 基本功能的基础上实现复杂遥感影像处理、加工、分析的模型化功能。

3 系统功能结构

按照层次关系可将系统功能由高到低划分为四个等级：（1）基本功能；（2）模型化功能；（3）业务化功能；（4）专业应用功能。层次高的功能在低层次功能的基础上实现或部署。

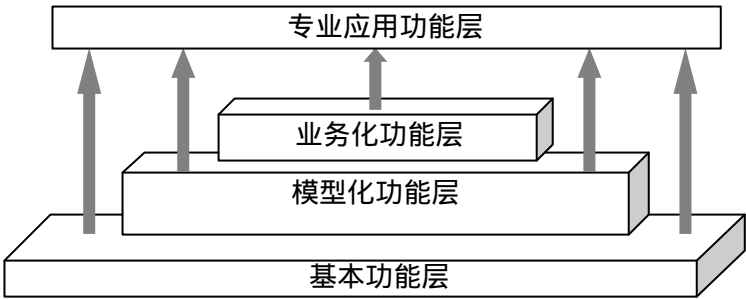


图3 系统功能层次

3.1 基本功能

基本功能由遥感、GIS 软件平台提供，是为处理单一功能而设计的命令或函数，可以通过软件的菜单、工具栏来手工调用，系统将通过开发工具访问并集成。这些基本功能包括：

3.1.1 数据处理及加工

数据加载：从文件或空间数据库中打开栅格和矢量数据；数据编辑：对矢量数据进行编辑；多源数据的相互转换：在不同格式的数据之间进行转换；数据保存：将编辑结果或分析结果数据保存到文件或者空间数据库中；几何纠正：对栅格或矢量数据进行几何纠正，以保证空间位置的正确；数据配准；辐射纠正：对遥感影像进行辐射光谱纠正；大气校正：对遥感影像进行大气校正；投影变换：对栅格或矢量数据在不同投影系统之间进行变换，对同一研究区域的空间数据进行空间坐标系统的统一；矢量数据几何关系修复。

3.1.2 遥感影像处理

图像压缩：为提高数据访问以及系统运行效率，需要建立影像或者栅格数据建立金字塔数据结构；图像增强；图像分割；图像滤波：可以实现消除噪声、突出特征等功能；各种图像变换；多源遥感数据融合：既包括不同空间分辨率、不同光谱分辨率影像的融合，还包括雷达影像和其他影像的融合。

特征提取。

3.1.3 基于栅格数据的空间及三维分析

距离计算：可以用于进行最短路径分析；密度计算：用于计算某一统计量在研究区域的分布状况，如人口分布；栅格插值；表面分析：包括等高线生成、坡度计算、阴影计算、坡向计算、可见区域计算以及填挖方计算等；像元统计：对一幅图像（栅格）中的每个像元逐个进行数学统计计算；邻近像元统计；区域统计；重采样：根据指定值域划分规则对栅格数据进行重采样；栅格计算：多个栅格图层相互叠加进行代数运算，相当于图层的叠加分析。

坡度分析

3.1.4 基于矢量数据的空间分析

缓冲区计算：在指定点、线、面上生成缓冲区；叠加计算：包括相交（Intersect）、Symdiff、Union、裁剪（Clip）、擦除（Erase）、鉴别（Identify）以及更新（Update）等；网络分析：基于网络数据的空间分析功能，包括最短路径查询、路径回溯等。

3.2 模型化功能

模型化功能是在基本功能的基础上，面向某一个应用需求，通过组合、扩展等方法得到的新的功能模块或组件。模型化功能的实现有两种途径，一种是通过 ArcGIS 或者 ERDAS 的模型编辑器，另外一种是通过支持 COM 的高级程序设计语言（如 Visual Basic 6.0 和 Visual C++ 6.0）编写代码实现。

3.3 业务化功能

业务化是本系统提出的新型遥感、GIS 工作模式，它从全面理解业务部门的实际需求出发，致力于提高灾害预测、监测、救助及相关部门的工作效率，以期实现标准化、规范化的灾害防治工作流程。

本系统实现的业务化功能包括：

- 业务制订：在建立与洪灾信息提取模型相对应的技术标准、规范和流程的基础上，通过系统提供的界面实现业务的制订；
- 业务修改：对已经制订的业务进行修改；
- 业务删除：对不再需要的业务进行删除；
- 业务运行：执行保存在系统中的业务。

从功能上看,系统业务是对遥感、GIS 功能的又一次组合,但其出发点和本质却与模型化功能有极大的区别。业务化功能是从业务部门的实际需求出发的,需要首先对整个工作流程实现标准化与规范化。通过标准化的业务功能,在解决相同问题的同时,节省了时间、减少了劳动力、提高了工作效率,这对于分秒必争的防灾救灾以及恢复重建工作来说具有及其重要的意义。

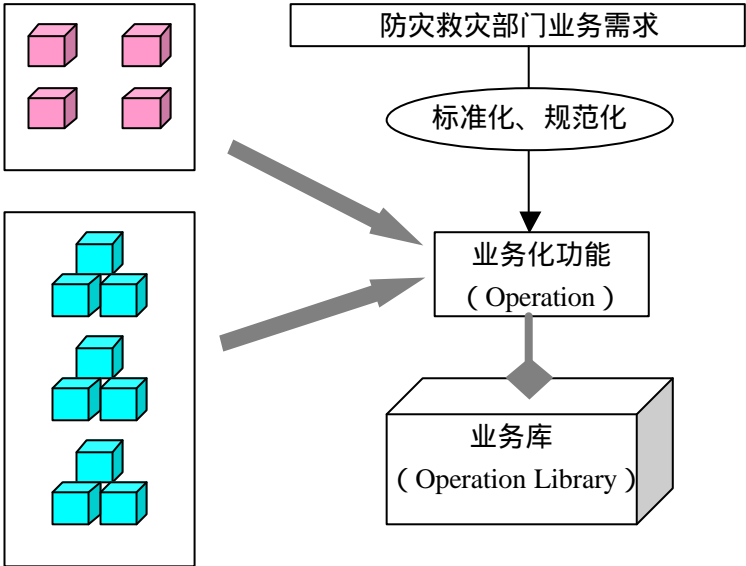


图4 业务化功能示意图

4 系统构建实例

基于以上系统建设思路,我们和民政部国家减灾中心合作开展了洞庭湖地区的洪涝灾害救助运行示范系统的设计与开发工作。系统运行界面基于 ArcGIS Desktop 9.0 构建,所开发的空間数据库具有海量数据存储能力,空間数据管理模块提供多种数据查询方法,能够实时准确地向用户提供所需数据。系统集遥感数据快速处理、面向灾害管理的空間分析与辅助决策分析、产品制作与输出等功能于一体,目前已初具规模,具备了进行洪涝灾害预警、监测及救助决策等的日常业务运行能力,在实际工作中取得了良好的效果。

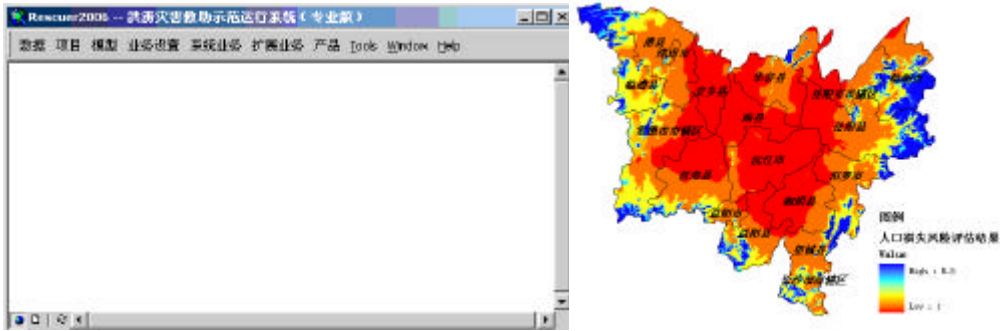


图4 洪涝灾害救助示范运行系统运行界面及洪涝灾害风险评估效果

参考文献

- [1] 刘亚岚等. 遥感与GIS支持下的基于网络的洪涝灾害监测评估系统关键技术研究. 遥感学报, 2001, 5(1): 53-57.
- [2] 王艳艳等. 上海市洪涝灾害损失评估系统的开发. 灾害学, 2001, 16(2): 7-13.
- [3] 王腊春等. 太湖流域洪涝灾害评估模型. 测绘科学, 2003, 28(2): 35-38