滑坡灾害预测预报信息共享平台

郭承燕[1]，贾建华[1]，马荣华[2]*，许金朵[2]，邢永超[2]，吕春光[2]
(1. 西安科技大学测绘科学与技术学院，西安 710054；2. 中国科学院南京地理与湖泊研究所，南京 210008)

摘要：滑坡是最常见的一种地质灾害，其主要诱因是降雨。滑坡灾害多发生在雨量充沛地域或洪水季节。南京市受自然环境和地质环境的影响，滑坡是其最主要的地质灾害类型之一，为了有效地预测滑坡的发生情况并最大限度地减少滑坡灾害为南京带来的损失，本文在已有的南京市地质灾害易发区等研究的成果上，结合南京市历史滑坡数据、气象资料和地质灾害预测数学模型构建了南京市滑坡灾害预测方法并确定了南京市滑坡灾害预测预报技术流程。在该预测方法和技术流程的基础上，本文同时应用了数据库技术、ArcGIS Server 技术、AJAX 远程调用技术、网页局部刷新技术和地图缓存技术等，融合地理信息系统功能与滑坡灾害预测预报业务功能，开发了南京市滑坡灾害预测预报信息共享平台。该平台可以对滑坡灾害基础数据和实时气象数据动态、科学地管理，结合南京市实时降雨数据可实现滑坡灾害预测预报并将灾害信息实时在线发布，同时提供对滑坡灾害信息的查询、检索、统计分析等功能，最终通过该信息共享平台，为南京市滑坡灾害的防灾减灾提供决策支持，为其他需要建立滑坡灾害预测信息共享平台的城市提供参考。

关键词：有效降雨；滑坡预测；ArcGIS Server；AJAX
DOI：10.3724/SP.J.1047.2012.00199

1 引言

滑坡最主要的诱因是降雨，近年来，降雨滑坡预测预报一直是滑坡研究中的热点课题之一，其核心是通过研究降雨与滑坡的各种关系，预测可能的滑坡状态[1]。预测滑坡发生的先决因素主要包括：(1)滑坡的空间分布，主要是由地理空间数据库所确定的空间敏感性决定的；(2)滑坡发生的时间分布，主要是由动态的降雨决定的[2]。因此滑坡灾害预测预报主要是降雨的观测，研究降雨与滑坡灾害在空间分布、时间上的对应关系，以达到预测的目的[3-6]。

要对滑坡灾害实现有效地预测预报，往往需要建立切实可行的预测预报系统网络，从而保证灾害预测预报的实效性。开展滑坡灾害的预测预报研究，形成一套基于气象数据的科学且实用的预测预报方法体系，对于提高滑坡灾害的预测预报能力，有效地降低因降雨诱发滑坡灾害所造成的人员和财产损失，具有十分重要的实际意义。但是由于滑坡灾害基础理论和监测、预警及防灾技术研究还不够，与国际新研究态势相比还存在不少差距，同时开发完整有效的预测预报系统并使其业务化运行尚有许多技术问题没有研究透彻或者没有完全解决，往往存在灾害难以预测、预测不及时或者预测结果难以可视化的问题，因此，做好滑坡灾害预测预报信息共享平台是一件迫在眉睫并且任重道远的事情。

南京市属亚热带湿润气候，雨量充沛，年降水量 1 106.5mm，每年的 6-9 月份为雨水集中期，其中 6 月中旬至 7 月初为梅雨季节。由于受降雨的影响显著，滑坡是南京市最主要的地质灾害。根据对南京市发布的各年度地质灾害危险点、隐患点防治一览表总结发现：南京滑坡灾害多为小型，滑坡体几百至上千立方米，但多发生在人口稠密的居民区、公共设施附近或者交通繁忙的公路两侧，危害性较大。因此，为了最大限度地减少滑坡灾害为南京带

收稿日期：2011-09-22；修回日期：2012-03-15.
基金项目："南京市地质灾害气象预报预警及灾害评估前期研究"项目。
作者简介：郭承燕(1986-)，女，硕士研究生，主要从事 GIS 系统开发方面的研究。E-mail：gcy_2010@163.com
*通讯作者：马荣华(1972-)，男，博士，研究员，研究方向为地理信息系统和遥感应用。E-mail：mrhua2002@niglas.ac.cn

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

来的人员和财产损失，论文采用了共享性强的 B/S 结构，以基础地理数据、多年降雨数据和历史滑坡灾害数据为基础，选取适用于南京市滑坡灾害的预报数学模型，同时应用地图发布和开发的主流技术——ArcGIS Server 技术，以及 AJAX 远程调用和网页局部刷新等新的 Web 技术和方法，重点设计并开发了南京市滑坡灾害预测预报信息共享平台。

2 滑坡灾害的预测预报方法

降雨滑坡灾害的预测最主要的指标就是临界降雨量，然而由于一次降雨并不一定会导致滑坡的发生，而每次降雨量中也只有一部分对滑坡的发生起作用，因此，用一段时间的当天降雨量分别乘以有效降雨系数得到有效降雨量，以此来确定临量[7-8]。利用临界降雨量就可以划分预警等级，最后结合实时降雨数据和划分的地质灾害易发区就可以实现滑坡灾害的实时预测预报。

2.1 预警指标

(1)有效降雨量

有效降雨量一般采用一段时间的当天降雨量乘以有效降雨系数得到。有效降雨系数的确定采用幂指数形式：

$$R_C = R_0 + \alpha R_1 + \alpha^2 R_2 + \ldots \alpha^n Rn \qquad (1)$$

式中：R_c 为有效雨量；R_0 为当天降雨量；R_n 为 n 天前降雨量；α 为有效降雨量系数。根据前人研究成果，以及南京历史资料的统计分析，取 $\alpha=0.8$[9]。

(2)临界降雨量

根据南京市的降雨资料和历史滑坡记录，绘制出当日降雨量和有效降雨量与滑坡点累积个数的关系曲线(图 1)。

图 1 表明，当日降雨量达到 60mm、200mm 时，有效降雨量达到 80 mm、240 mm 时，滑坡发生的次数明显增多。将这些有效降雨量作为临界降雨量阈值，根据这些阈值划分预警等级。

(3)预警等级

根据两个临界降雨量(当日降雨量和有效降雨量)阈值，以及历史滑坡发生的经验观察和分析划分 3 个滑坡危险性等级(表 1)。

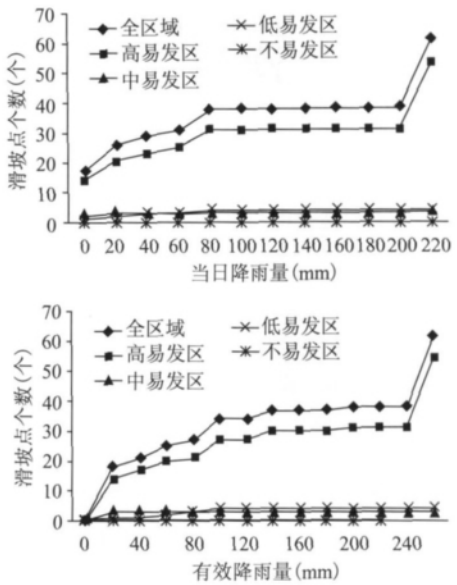

图 1 南京市降雨量与滑坡点累计个数关系曲线

Fig. 1 Relation curve of rainfall and point number of landslides in Nanjing

表 1 降雨阈值和危险性等级划分

Tab. 1 The threshold valves of rainfall and hazard grades of landslides

降雨特征	危险性等级		
	低危险	中危险	高危险
当日降雨量(mm)	<60	60～200	>200
有效降雨量(mm)	<80	80～240	>240

将危险性等级和地质灾害易发区等级叠加，同时根据国土资源部地质调查局与中国气象台对地质灾害的预报等级定义，得到滑坡预警等级(表 2)。

表 2 滑坡预警等级划分[10]

Tab. 2 The warning grades of landslides hazard

易发区等级	危险性等级		
	低危险	中危险	高危险
高易发区	2	4	5
中易发区	1	3	4
低易发区	1	3	3
不易发区	1	1	2

注：1 级为可能性很小，2 级为可能性较小，3 级为可能性较大，4 级为可能性大，5 级为可能性很大。

2.2 预测预报的技术流程

滑坡灾害预测预报技术流程如图 2。

(1)根据历史降雨记录以及预报雨量，计算有

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

效降雨量,并确定临界有效降雨量阈值。

(2)根据临界降雨量阈值可以划分出滑坡危险性等级。

(3)比较实时有效雨量和发生滑坡灾害的临界有效雨量阈值。确定当日实时降雨量下的滑坡危险性等级。

(4)根据预警等级表,并结合已划分的易发区等级,确定在当日滑坡危险性等级下各易发区相对应的滑坡灾害等级。

(5)运用 ArcGIS Server 技术和 Internet 技术发布预警预报结果。

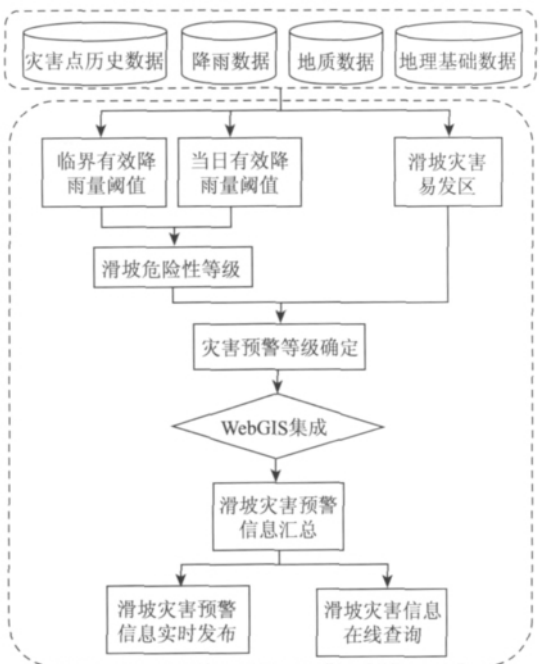

图 2　南京市滑坡灾害预测预报技术流程图

Fig. 2　Flow diagram of the landslide hazards forecast technology in Nanjing

3　系统结构与功能模块设计

3.1　系统结构设计

系统采用基于 AJAX 的符合 J2EE 3 层体系的 WebGIS 模型。该模型由功能表示层、逻辑应用层和数据服务层组成(图 3)。其中,功能表示层主要是指 Web 浏览器对于系统平台的展示,该层直接面向客户,提供 GIS 数据表示,以及滑坡灾害信息的可视化功能,浏览器和服务器之间通过 AJAX 引擎采用异步交互的方式来处理用户向系统发出的服务请求;在逻辑应用层部分首先是由 Web 服务器来收集用户的请求,并处理与 GIS 服务器之间的交互。GIS 服务器负责处理由 Web 服务器传来的各项请求,包括地图的缩放、平移、滑坡灾害点空间属性数据查询等,由于 AJAX 的异步请求,当 GIS 服务器接收到请求时将会直接向地图服务器发出请求,也就是直接更新页面中的地图部分,而不会更新整个 Web 页面,同时也减少了用户网页操作中的延迟;数据层是用来存放系统中所必须的数据库,完成整个平台的数据操作,包括滑坡灾害信息数据的处理、调用和滑坡灾害预警模型的数据计算等[11]。

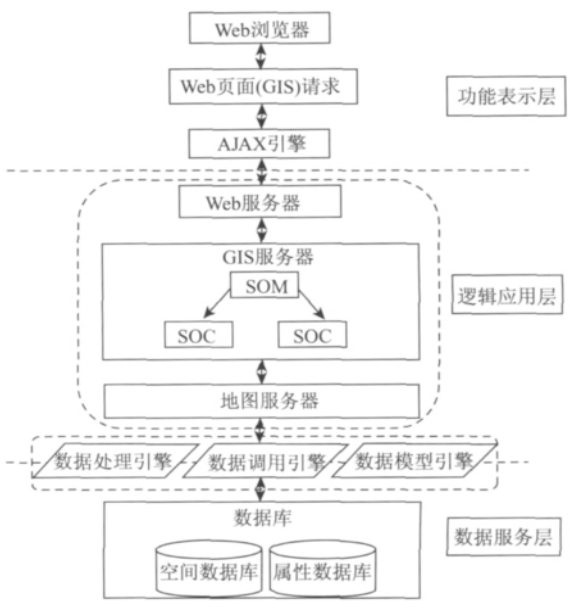

图 3　基于 AJAX 的 WebGIS 模型

Fig. 3　WebGIS model based on AJAX

3.2　系统的总体框架

南京市滑坡灾害预测预报信息共享平台主要包括 4 个模块(图 4):数据库管理子系统、灾害预测预报子系统、灾害信息查询子系统以及系统管理子系统。

在平台开发过程中,结合 Oracle 10g 数据库,主要采用了 ArcGIS Server 开发组件、IIS 和 AJAX 技术,运用 C# 语言在 VS. NET 平台上进行开发。

3.3　系统的功能模块

3.3.1　数据库管理子系统

该子系统主要功能包括:基础数据建库与入库、相关模型文件组织、基础数据信息更新、修改与

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

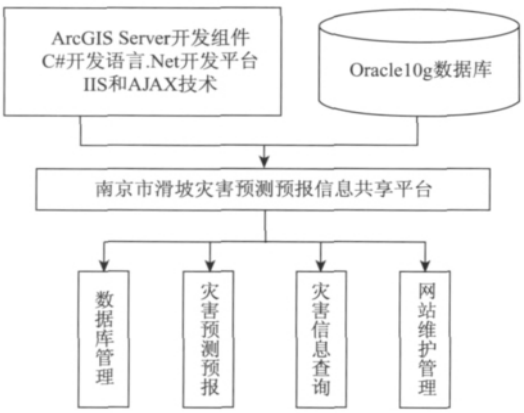

图 4 系统总体框架

Fig. 4 The overall framework of the system

删除，以及气象数据的实时获取与更新。

本共享平台需要管理的数据主要包括两大类：基础数据，即滑坡灾害易发区和潜在滑坡灾害分布图、滑坡灾害调查点、已发生滑坡灾害的灾情信息等；计算数据，即滑坡灾害影响因子（气象条件）的实时数据信息。

在日常监测过程中，气象数据这类观测数据的实时性高、数据更新快。该子系统中为气象数据提供了手动录入数据和自动录入数据两种模式：

（1）手动数据录入主要包括两种方式：一种是以固定属性字段格式逐一填写，网站平台上提供属性字段录入界面。第二种，用户将数据以系统指定格式事先录入到外部文件中，系统将此数据文件导入即可。

（2）自动数据录入是指本平台可以自动从相应气象网站下载降雨数据，并自动、实时录入数据库，以实现后期的实时灾害预测预报。

3.3.2 灾害预测预报子系统

系统针对南京市地质灾害特点，通过对南京市滑坡灾害分析，并充分结合南京市各区县的地质灾害及降雨、水文的实时资料，进行综合分析，来开展南京市滑坡灾害预测。

滑坡灾害的预报等级分为 5 个等级：1 级为可能性很小，2 级为可能性较小，3 级为可能性较大，4 级为可能性大，5 级为可能性很大。在预报中 3 级为提醒级，4 级为预警级，5 级为警报级，其中 1、2 级不发布[12-13]。在本系统中设置的预警信息发布等级为：红色为 5 级预警，粉红色为 4 级预警，黄色为 3 级预警。

信息发布服务是为防灾有关人员（包括决策者、专业人士）和社会群众提供滑坡灾害的相关信息服务，包括滑坡灾害基础信息、滑坡灾害相关科普信息，以及滑坡灾害预警信息等。在该子系统中用户可登陆网站实时查看各个易发区的预警情况，同时系统将弹出对应于不同等级的滑坡灾害的防灾减灾措施，从而达到科普和防灾减灾的作用。

3.3.3 灾害信息查询子系统

在该子系统中，用户能够查询滑坡灾害的预报情况、滑坡灾害的分布等相关的滑坡灾害信息。系统能够实现所涉及的各类滑坡灾害按发生时间、地点、规模和所处易发区等信息进行查询检索，并能进行各类灾害信息数据间的关联查询、检索及统计，包括图形、属性数据之间以及图形、资料数据之间的互检索，以及对滑坡灾害进行统计分析和报表输出功能。

3.3.4 网站维护管理子系统

主要包括用户管理、权限设置，以及系统帮助 3 个模块。其中通过用户管理和权限的设置，可实现对该共享平台的管理并保证系统的安全性。系统帮助模块则有利于帮助用户更好地使用该预警预报系统。

4 系统实现的关键技术

4.1 气象数据远程调用技术

近年来国内外学者们研究的滑坡灾害预测系统中，对于最重要的气象数据—降雨的接收和获取一般采用的形式是：由气象部门安排专人每日定时通过特定的平台接口上传至滑坡灾害预测系统中。这样就需要和气象部门形成一定的工作协调机制，同时也存在浪费人力、难以保证降雨数据实时上传以及滑坡预测平台非自动化运行的问题。

在本共享平台的设计中，对于降雨数据的获取采用的方式是从适合的气象网站自动获取实时的降雨数据，这样既节省了人力，又能保证降雨数据实时获取，进而可以保障平台的自动化运行。具体实现中本文采用 AJAX 方案中的 XMLHttpRequest 对象并结合 Web Service 平台来调用远程数据服务器，从而实时获取气象网站上的数据。

其中，Web Service 是 Internet 分布式计算环境中提供基础功能的编程模块，Web Service 具有的开放通讯标准和强调互操作的特点，已经使其成为异构系统集成的平台和主要手段[14]。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

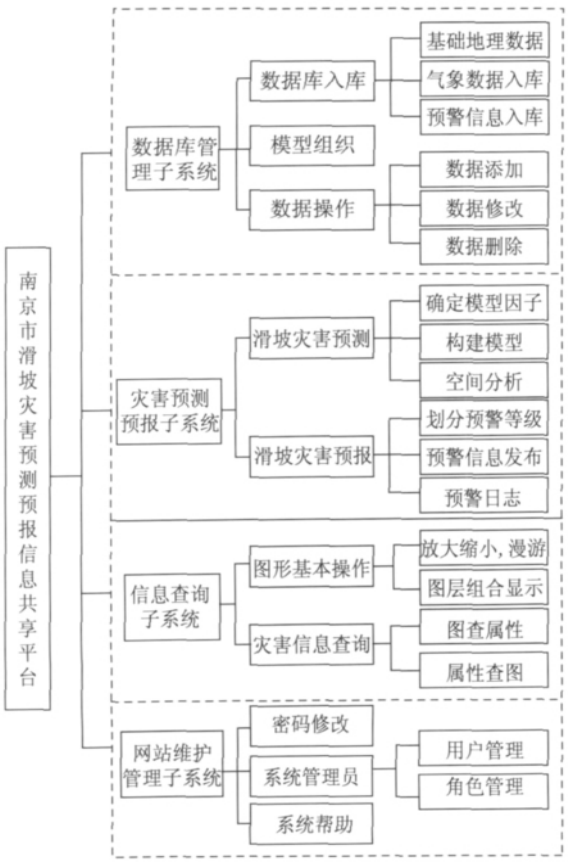

图 5　系统功能结构图

Fig. 5　The function structure diagram of the system

使用 XMLHTTP 具体步骤如下[15]:

(1)**创建异步调用对象** XMLHttpRequest,**使用语句**"new ActiveXObject("Msxml2. XMLHTTP")";

(2)**调用远程数据服务器打开要访问的网页,使用**"xmlhttp. Open"**方法**;

(3)**向指定网页发出** HTTP **请求,使用**"xmlhttp. Send"**方法**;

(4)**获取网页的数据,使用**"xmlhttp. responseText"**属性**。

核心代码:

```
Function getWeather()
{
    xmlhttp = new ActiveXObject("Msxml2.XMLHTTP");
//气象网站上显示南京天气的网页地址
varurl = "http://php.weather.sina.com.cn/search.php?c=1&city=%C4%CF%BE%A9&type=wh&dpc=1";
xmlhttp.Open("GET",url,true)
xmlhttp.onreadystatechange=stateChange;
xmlhttp.Send(null);
}
Function stateChange()
{
if(xmlhttp.readystate==4 &&xmlhttp.status==200)
{
  var data =xmlhttp.responseText;
//根据气象网站源码的具体情况,过滤当日降雨量数值
var begin = data.indexOf("平均降水量:");
varbegindata = data.substring(begin,begin+20);
var end = begindata.indexOf("mm");
var weather = begindata.substring(6, end);
document.getElementById("txtweather").value =weather;
  }
}
```

4.2　灾害预测预报可视化技术

灾害预测模块主要是根据地质灾害预测预报数学经验模型对实时更新的气象数据(降雨)进行分析,包括对有效降雨数据和当日降雨数据与时间的关系曲线图的分析等,然后再将模型分析的结果与地质灾害的易发区和易发点的数据进行叠加,实现滑坡灾害的预测,并将最终的预测结果在图上显示出来。

历年来的研究成果中,关于灾害预测可视化这一效果,采取的方式是将预测结果闪烁或制作出灾害预警等级的色块图件,但没有为用户提供一个相对完整且清晰的滑坡灾害预测结果空间信息和属性信息的呈现。本文基于 Web GIS **实现的预测预报可视化将预报预警结果的显示多样化,同时可为不同的滑坡灾害预警等级设置不同的等级颜色,并在地图上将各易发区中的地质灾害点按照预警结果中不同的等级以不同颜色的** ArcGIS Server **的** MapTips **图标显示出来,用户点击该图标,即可显示出对应的属性信息。**

滑坡灾害预报可视化的实现:将根据滑坡灾害预测模块分析计算出的预测成果与. NET **和** Arc-

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

GIS Server 技术相结合，在通过 ArcGIS Server Manager 或 ArcCatalog 发布的研究区地图服务(Map Services)上借助于 ArcGIS Server 中的 MapTips 控件来显示预测结果(见图 6)。

MapTips 控件实现预测结果可视化的核心代码如下：

(1)获取 maptips 控件的 MapFunctionality、Resource 属性，关联滑坡灾害地图文档。

```
ESRI.ArcGIS.ADF.Web.DataSources.IMapFunctionalitymf_maptip = (ESRI.ArcGIS.ADF.Web.DataSources.IMapFunctionality) map.GetFunctionality("maptip");
ESRI.ArcGIS.ADF.Web.DataSources.Graphics.MapResourcegr_matips = (ESRI.ArcGIS.ADF.Web.DataSources.Graphics.MapResource) mf_maptip.Resource;
```

(2)创建 FeatureGraphicsLayer，用来在点击不同颜色的等级图标时弹出相关灾害点信息。

```
ESRI.ArcGIS.ADF.Web.Display.Graphics.FeatureGraphicsLayergl_maptips = new ESRI.ArcGIS.ADF.Web.Display.Graphics.FeatureGraphicsLayer("maptip", ESRI.ArcGIS.ADF.Web.FeatureType.Point, new ESRI.ArcGIS.ADF.Web.Display.Renderer.SimpleRenderer(ESRI.ArcGIS.ADF.Web.FeatureType.Point, System.Drawing.Color.Red));
```

(3)给新建的 FeatureGraphicsLayer 添加滑坡灾害点需要显示出来的相应属性字段

```
gl_maptips.Columns.Add("标识码", typeof(Int32));
gl_maptips.Columns.Add("经度", typeof(double));
gl_maptips.Columns.Add("纬度", typeof(double));
gl_maptips.Columns.Add("滑坡地点描述", typeof(string));
gl_maptips.Columns.Add("易发区等级", typeof(string));
gr_matips.Graphics.Tables.Clear();
```

(4)对查询到结果进行遍历，在 FeatureGraphicsLayer 中生成显示相应图标。

```
foreach (DataRowdr in dt4.Rows)
{
ESRI.ArcGIS.ADF.Web.Geometry.Geometry geo = dr[shpind] as ESRI.ArcGIS.ADF.Web.Geometry.Geometry;
DataRowdtr = gl_maptips.Add(geo);
dtr["标识码"] = dr["BSM"];
dtr["经度"] = dr["X"];
dtr["纬度"] = dr["Y"];
dtr["滑坡地点描述"] = dr["HPMC"];
dtr["易发区等级"] = dr["YFQDJ"];
}
gr_matips.Graphics.Tables.Add(gl_maptips);
```

4.3 灾害信息图形属性互检索技术

图形属性互检索是南京市滑坡预测预报平台中的最大应用体现。图形查询和属性查询的实现主要借助 ADF 的 IQueryFunctionality 接口和 QueryFilter 类实现，一般实现过程如下：首先，通过 Map1.GetFunctionality()得到 Map1 所绑定的数据源管理器(MapResourceManager1)上所有功能接口 IMapFunctionality；然后，判断功能接口是否支持查询功能，如果支持，则通过功能接口的数据源(gisfunctionality.Resource)来创建查询功能接口 IQueryFunctionality，最后，利用得到的接口在自己定义的 SpatialFilter 条件下，通过 Query 方法得到 DataTable 类型的查询结果。

核心代码如下：

(1)查询图层的选择(首先通过代码实现自动获取地图服务的所有图层名称，在空间信息或属性信息查询前，先选择要查询的图层，包括易发区信息图层和灾害点信息图层等)：

```
ESRI.ArcGIS.ADF.Web.DataSources.IQueryFunctionality qfunc = (ESRI.ArcGIS.ADF.Web.DataSources.IQueryFunctionality)gisresource.CreateFunctionality(typeof(ESRI.ArcGIS.ADF.Web.DataSources.IQueryFunctionality), null);
string[] lids; string[] lnames;
//查询图层的 id 和名称
qfunc.GetQueryableLayers(null, out lids, out lnames);
int layer_index = 0;
//获取目标图层的 index
for (int i = 0; i < lnames.Length; i++)
{ if (lnames[i] == targetlayername)
```

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

```
{ layer_index = i;
  break;
}
}
```

(2)实现属性信息到空间信息的查询(通过输入一定的查询条件,将符合要求的灾害点在地图上相应空间位置处显示出来):

```
ESRI.ArcGIS.ADF.Web.SpatialFilterspatialfilter = new ESRI.ArcGIS.ADF.Web.SpatialFilter();
spatialfilter.ReturnADFGeometries = false;
spatialfilter.MaxRecords = 1000;
spatialfilter.WhereClause = " HPMC LIKE '%" + txt1.Text + "%" + " and" + "ZHGM LIKE '%" + ddl3.Text + "%" + " and" + "YFQDJ LIKE '%" + ddl2.Text + "%";
System.Data.DataTabledatatable = qfunc.Query(null, lids[layer_index], spatialfilter);
```

(3)实现空间信息到属性信息查询的过滤条件设置(设置在地图上直接进行鼠标拖拽即可完成相应选择区域所有相关滑坡灾害信息查询的条件):

```
ESRI.ArcGIS.ADF.Web.SpatialFilterspatialfilter = new
ESRI.ArcGIS.ADF.Web.SpatialFilter();
spatialfilter.ReturnADFGeometries = false;
spatialfilter.MaxRecords = 1000;
spatialfilter.Geometry = mapPoly;
System.Data.DataTabledatatable = qfunc.Query(null, lids[layer_index], spatialfilter);
```

其中,mappoly 为选择要素所拖拽的图形,如矩形、圆形、多边形等。

4.4　网页局部刷新技术

4.4.1　ASP.NET AJAX 局部刷新技术

在传统的 ASP.NET 应用程序中,无论页面的内容多少,都会导致页面中出现频繁的闪烁与滞留现象,大大降低了用户体验感。但借助 ASP.NET AJAX 框架服务器端控件 UpdatePanel,可以轻易地实现 Web 页面的局部更新,从而有效减少浏览器与服务器端的数据流量。

在本平台的开发过程中,滑坡灾害数据通过 GridView 显示与管理,当对 GridView 控件内滑坡灾害数据进行选择、编辑、删除等操作时都会引发整个平台页面的回寄。因此 Web 页面使用 UpdatePanel 控件包围存放灾害信息查询结果的 GridView 控件即可在进行滑坡灾害信息查询时避免网页全局刷新,实现局部更新效果,增强用户体验感。

4.4.2　CallBack 无刷新回调技术

(1)Web ADF 控件的刷新

Web ADF 是 ArcGIS Server 专门应用于 Web 应用程序的开发,它为 ArcGIS 二次开发者提供了一系列的控件,比如常用的 Map、Toc、Toolbar 等。每个 ADF 控件都具有 CallbackResults 属性,例如已经绑定到 Map 的 Toolbar 控件上,任何 command 或 tool 执行过程中,会自动将 Map 的 CallbackResults 拷贝到 Toolbar 的 CallbackResults 中。所以如果在自定义 command 或 tool 里对 Map 做修改,如本系统的开发中在利用矩形、圆形、多边形等工具查询空间要素的属性信息(滑坡灾害点或区域的详细信息)时则不需要将其产生的 CallbackResults 拷贝给 Toolbar 控件即可完成控件的无刷新回调,实现对信息的无刷新查询。

(2)非 Web ADF 控件的刷新

在使用 CallbackResult 刷新非 Web ADF 控件时,就必须在服务器端自定义 CallbackResult,服务器端定制的 CallbackResult 实例,都会被客户端的 Web ADF Javascript 函数 processCallbackResult() 处理。具体的回调过程就是使用 ICallbackEventHandler 接口,通过 RaiseCallbackEvent()和 GetCallbackResult()方法来实现回调,最后通过调用 ClientScript.GetCallbackEventReference()方法实现 Ajax 效果[16]。

在本平台的查询页面上,当通过 DropDownList 选择地图图层(滑坡灾害点或者灾害易发区图层)的时候,DropDownList 选项改变时也会刷新整个页面,此时就需要自己定制 CallbackResult 来实现回调和局部刷新,实现当图层更改时只刷新对应 Map 的激活图层而不刷新整个网页。

4.5　ArcGIS Server 地图缓存技术

地图缓存技术(俗称瓦片技术)一直是当前 WebGIS 提高地图访问效率的有效途径之一,目前流行的 Google 地图等在线地图都是通过地图缓存的方式来提供高效的地图访问速度。ArcGIS Server 的地图发布可以采用 Cache 技术,这可大大提升 ArcGIS Server 访问空间数据的能力。其原理就是

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

将不同级别的地图切片保存在服务器上，当客户端请求时，访问的总是已经缓存好的切片，这样 ArcGIS Server 不需要再实时生成图片，既保证客户端浏览速度最大化，又满足系统一定的实时性要求，进而可以大幅提升其性能[17]。

在发布地图服务的时候，发现地图数据主要分为两种情况：一种根据业务需求的需要经常更新或者对数据的实时性要求比较高的数据，如业务数据；另一种是是数据几乎不变、实时性要求不高或者很久才需要变一次的数据，如基础数据，此时需要采取分别对待的方式。在南京市滑坡灾害的预测预报信息共享平台中，采取的处理方式是：对于前一种需要经常或者不定期更新的数据，如系统中的滑坡灾害预警信息数据，降雨数据等业务数据，都直接采用 ArcGIS Server 直接访问空间数据，因为这类数据一般数据层数不多，数据量不大；对于后一种长时间更新一次的数据，如南京市行政区划数据、地形图数据、滑坡灾害易发区数据等基础数据，为其建立地图缓存服务，将每一级别以图片的形式存储在服务器上，方便客户端的快速访问。

然而需要注意的是生成缓存时设置的放大缩小分级越多，生成缓存的时间呈指数上升，所以，应该根据数据具体情况进行分级，本文结合南京市已有系统开发的需要及已有数据的具体情况，生成了 6 级缓存。

5 系统的实现

系统以 Windows XP 平台为基础平台，矢量数据如滑坡信息数据库中的灾害信息数据库及监测数据库等采用数据库 Oracle 10g 进行管理，图形管理则利用 ArcGIS 进行管理。整个网站以 ArcGIS Server WebADF 框架为核心，结合地质灾害预测数学模型和 WebGIS 理论，采用 AJAX 技术，在 Visual Studio 2008. net 平台上进行开发，并最终实现本共享平台的各个功能模块(图 6、7)。



图 6 灾害预测预报主界面

Fig. 6 The main interface of the landslide hazards forecast



图 7 灾害信息查询主界面

Fig. 7 The main interface of the landslide hazards information querying

6 结语

论文结合南京市的滑坡灾害的特点设计和开发了南京市滑坡灾害预测预报信息共享平台。通过该平台实现对南京市灾害信息数据和降雨数据的管理、灾害预测预报、灾害信息查询和发布，在南京市地质灾害预警中取得较好应用效果，为相关管理部门提供了预报预警决策支持服务，平台使用效

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

果良好。为了提高南京市滑坡灾害预测预报精度并实现对南京市滑坡灾害的有效风险评估,作者主要考虑在以下 4 个方面继续改进:(1)结合南京市的滑坡灾害特点和降雨情况,优化现有灾害预测模型并建立和丰富滑坡灾害预测模型库,同时针对人口密集区、工程活动区和农村偏远区等不同情况区域,采取不同灾害预测模型。(2)充分运用数字通讯、无线传输、物联网等现代信息技术为群测群防和专业监测的信息化水平提供技术支持,将系统纵向扩展为与群测群防和专业监测相结合的高信息化滑坡灾害预警体系[18]。(3)在实现南京市滑坡灾害预测预报的基础上,继续开发出滑坡灾害的风险评估模块,在实际应用中将滑坡灾害的评估结果及时反馈给决策人员或专业防灾减灾人员,以实现灾害损失的最小化并为防灾减灾打好基础。(4)根据所划分的灾害预警等级,对于三级及三级以上的预警等级情况,需要由预测预报系统研发单位、国土部门和气象部门共同进行滑坡灾害气象预警结果的决策会商,进而提高灾害预报工作精度,避免误报造成的不必要恐慌或资源浪费,同时增强防灾减灾效果。

参考文献:

[1] 钟洛加,肖尚德,周衍龙. 基于 WEBGIS 的湖北省地质灾害气象预警预报[J]. 资源环境与工程,2007,21:104-105.

[2] Liao Z H,Hong Y,Wang J,*et al*. Prototyping an experimental early warning system for rainfall-induced landslides in Indonesia using satellite remote sensing and geospatial datasets[J]. Landslides,2010,7:317-324.

[3] 谢剑明,刘礼领,殷坤龙,等. 浙江省滑坡灾害预警预报的降雨阈值研究[J]. 地质科技情报,2003,22(4):1101-105.

[4] 丁伟翠,杨强,王爱军,等. 陇东黄土区地质灾害气象预警方法与应用——以泾川县为例[J]. 地球信息科学学报,2011,13(6): 811-818.

[5] 丁伟翠,杨强,王爱军,等. 应用 GIS 技术对甘肃省灵台县地质灾害气象预警的研究[J]. 中国地质,2010,37(4):1199-1207.

[6] 吴跃东,向钒,马玲. 安徽省地质灾害气象预警预报研究[J]. 灾害学,2008,23(4):26-29.

[7] 张桂荣,殷坤龙,刘礼领,等. 基于 WEB 的浙江省降雨型滑坡预警预报系统[J]. 中国地质大学学报,2005,30(2):250-254.

[8] 周玉才,雷万荣,余广文,等. 江西省地质灾害-气象预警预报系统研究[J]. 中国地质灾害与防治学报,2008,19(2):67-70.

[9] 张桂荣. 基于 WEBGIS 的滑坡灾害预测预报与风险管理[D]. 中国地质大学,2006,56-58.

[10] 张桂荣,殷坤龙,刘礼领,等. 基于 WEBGIS 和实时降雨信息的区域地质灾害预警预报系统[J]. 岩土力学,2005,26(8):1315-1316.

[11] 兰小机,段保霞,彭建伟. 基于 Ajax 的 WebGIS 研究与应用[J]. 测绘科学,2009,34(2):214-215.

[12] 刘传正. 中国地质灾害气象预警方法与应用[J]. 岩土工程界,2004,7(7) : 17-18.

[13] 刘传正,温铭生,唐灿. 中国地质灾害气象预警初步研究[J]. 地质通报,2004,23 (4) : 303 -309.

[14] 朱先忠,邵建玉,温莹洁. 开发者突击:精通 ASP. NET AJAX 网络程序开发[M]. 北京:电子工业出版社,2008,18-21.

[15] 崔艳军,石金峰,张海东. 基于 ArcGIS Server 与 Web Service 的 WebGIS 技术研究[J]. 城市勘测,2008,14-16.

[16] 何正国,杜鹃. ArcGIS Server 开发从入门到精通[M]. 北京:人民邮电出版社,2010,86-87.

[17] 王艳丽,尹柯,张连堂. 基于 ArcGIS Server 的地图缓存技术研究[J]. 河南大学学报(自然科学版),2009,39(6):637-640.

[18] 方苗,祁元,张金龙. 基于 WebGIS 的兰州市地质灾害群测群防信息化[J]. 遥感技术与应用,2011,26(2):137-145.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

Design and Implementation of the Landslide Hazards Weather Forecast Information Sharing Platform Based on ArcGIS Server

GUO Chengyan [1], JIA Jianhua [1], MA Ronghua [2], XUJinduo[2], XINGYongchao[2] and LV Chunguang [2]
(1. *Department of Survey Engineering, Xi'an University of Sciences and Technology, Xi'an* 710054, *China*;
2. *Nanjing Institute of Geography & Limnology, CAS, Nanjing* 210008, *China*)

Abstract: Landslide is the most common form of geological disasters. Its main incentive is rainfall, so landslide often occurs in areas with abundant rainfall or occurs in flood season. Due to natural environmental and geological characteristics of Nanjing City, landslide is a major geological disaster there. In order to forecast landslide hazards effectively and minimize the loss caused by the unexpected landslide hazards, this paper established the landslide hazards weather forecast information sharing platform. On the basis of the existing data of geological hazards-prone areas, we use historic landslide data of Nanjing, meteorological data (rainfall) and the model of geological hazard forecast to establish the method of landslide hazards weather forecast and determine the landslide hazards weather forecast technique in Nanjing City. Then a forecasting information sharing platform is developed. Based on the method and the technology process of landslide hazards forecast, this platform uses C# as the development language and applies the following techniques: the database technology, the ArcGIS Server technology, the. NET technology, the remote call technology, the partial refresh technology of AJAX and the map cache technology. It also merges the geographic information system functions and landslide hazards forecast business functions together. This platform can achieve a dynamic and scientific management of the basic data of landslide hazards and the real-time meteorological data. It also can combine the real-time rainfall data to achieve the prediction of landslide hazard in Nanjing, and then it publishes the landslide hazards information on line in real time. At the same time, it provides the functions of landslide hazards information retrieval and statistical analysis and so on. Ultimately we hope this platform can provide a decision support for the landslide hazards prevention and mitigation and references for other cities which need to build a landslide hazards prediction platform.

Key words: effective rainfall; forecast of landslide; ArcGIS Server; AJAX

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net