

# 基于云架构的山洪灾害监测预警系统的设计与实现

王海沛, 李中志

(成都信息工程大学信息安全工程学院, 四川 成都 610225)

**摘 要:** 为解决当前山洪防灾预警信息化建设中数据处理效率低、资源共享能力弱、软件通用化程度不高、功能不全等问题, 采用基于云计算的技术理念设计开发了具有扩展性好, 数据存储与处理强, 预警更加及时有效的山洪监测预警系统。系统实现了实时、动态反映信息, 并且能够以曲线, 图, 视频等直观形式展现山洪信息与预警发布功能, 为政府部门防洪防灾决策提供科学、统一、可靠的信息平台。应用结果表明系统利用云技术实现了 SAAS 的模式, 实现了多用户的按需定制, 增强了系统的可扩展, 可维护性。同时也验证了预警算法准确有效, 数据存储与处理模式合理高效。

**关键词:** 云计算; 山洪灾害; 监测预警系统; 应用服务

**中图分类号:** TP393 **文献标识码:** B **DOI:** 10.3969/j.issn.1003-6970.2015.05.021

**本文著录格式:** 王海沛, 李中志. 基于云架构的山洪灾害监测预警系统的设计与实现[J]. 软件, 2015, 36(5): 97-104

## Design and Implementation of Mountain Flood Monitoring and Warning System Based on the Cloud Infrastructure

WANG Hai-pei, LI Zhong-zhi

(College of Information Security Engineering, Chengdu University of Information Technology, Chengdu, Sichuan 610225, China)

**【Abstract】:** As for the problems of the low efficiency of data processing, low degree of resource sharing, software generalization and incomplete functions during the current informationization construction of mountain flood prevention and warning system, a new mountain flood prevention and warning system was designed and implemented with the characteristics of good expansibility, strong data storage and processing ability and timely and effective warning based on cloud infrastructure. The system can achieve real-time, dynamic reflection of information. Besides, it can show the torrents of information and warning issued function via figures, figures, videos and other visual forms, thus providing a scientific, consistent and reliable information platform for disaster prevention and flood control for the government. The application results show that SAAS model is achieved with the cloud technology. Multi-user on-demand design was realized and the system scalability is enhanced. What's more, it verifies accuracy and effectiveness of the warning algorithm. And the data storage and processing modes were rational and efficient.

**【Key words】:** Cloud computing; Flood disasters; Monitoring and warning Systems; Apps

## 0 引言

我国水利信息化工作从上个世纪 90 年代起步, 最先仅仅是计算机技术的推广与应用, 随后才逐步引入数据采集、数据库技术、物联网技术、3S 系统(全球定位系统 GPS、地理信息系统 GIS 和遥感 RS)<sup>[2]</sup>技术等现代信息技术。而各地区山洪监测预警系统作为水利信息化系统的主要代表为各地区的减灾防洪等发挥着巨大的作用。但是随着业务的深入应用, 传统的山洪监测预警系统也面临着诸多问题和难题(表 1)。同时由于传统的山洪预警系统中监测与预警发布是分开建设的, 在这种模式下各地区系统数据不能共享, 各自为政不能互联互通, 出现灾险情后, 指挥系统不能应急联动, 这样无法完成统一指挥和调度, 影响预警系

**作者简介:** 王海沛(1988-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向: 云计算、水利信息化; 李中志(1973-), 男, 成都信息工程大学副教授, 主要研究方向: 数据挖掘、云计算、网络舆情

统的时效性和稳定可靠性。因此，建设新的山洪灾害预警监测预警系统势在必行。

云计算对于山洪监测预警系统的建设的意义在于实现资源的整合与业务的协同，提升对海量数据存储、分享、挖掘、搜索、分析和服务的能力<sup>[1,2]</sup>，使得业务数据作为无形资产得到统一有效的管理，同时为更多公众服务(表 1)。因此云计算技术成为解决传统山洪预警系统面临的一些问题的首选技术方案。

表 1 当前水利信息化系统面临问题与云计算带来的转变

传统山洪预警系统面临主要问题云计算技术带来的转变	
1. 系统功能不健全，可扩充性不强，用户单一	1.系统可以扩充可移植多租户
2. 共享程度不高，数据处理能弱，资源整合难	2.数据整合计算能力强，可以实现更高级的数据共享
3. 标准不统一形成许多信息孤岛	3.处理数据具有高容错性，安全性好
4. 系统维护困难，系统之间互联互通困难	4. SAAS 模式大大缩减了软件维护和升级的成本
5. 买设备开发系统，支付大量成本	5.买云提供商服务，按需付

1 研究基础

1.1 云计算技术研究

“云计算”是一种能够将动态伸缩的虚拟化资源通过互联网以服务的方式提供给用户的计算模式<sup>[4,5]</sup>，用户不需要知道如何管理那些支持云计算的基础设施，而只需要关注自己需要什么类型的服务。“X 即服务”<sup>[6]</sup>的模式不断增长和发展，带动着数据中心向“云”快速迈进。在云中，用户不再关心数据的物理存储，只需要在用时为其付费，以较低的成本带来了更高的性能和生力，以及决策解决方案的通用性。

1.2 GIS 系统集成研究

地理信息系统(GIS , Geographic Information System)是随着地理科学、计算机技术、遥感技术和信息科学的发展而发展起来的一个学科。GIS 平台具备漫游缩放、图元点的选取、距离测量、面积测量、属性数据查找图元、专题图显示、图例显示等通用的 GIS 功能。基于云架构的山洪监测预警系统在 GIS 平台和云平台基础之上，进行山洪灾害预警预报模型的程序实现，主要利用 GIS 软件提供的各种开发接口和可调用函数，经过集成二次开发来实现对雨量、地形条件记录、气象等数据实时管理及动态跟新等，从而为系统实时监测预警分析提供保证。

2 系统云平台架构设计与部署

2.1 山洪灾害监测预警系统云架构设计

基于云架构的山洪灾害监测预警系统依托云计算的三层结构进行架构设计，整个系统中云计算平台是系统的中枢，负责所有的数据处理、交换以及共享，并将决策结果向上发送到应用层。计算资源和存储设施都由云计算服务提供商负责。系统最终以 SaaS 的方式提供给租户租用。如图 1 为山洪灾害监测预警系统的云架构图。

(1) 信息数据采集层。信息数据采集层是山洪灾害预警系统的数据源基础。信息采集对象包括相关水利部门建设的监测站点传送的水位，雨量，视频等信息。物理层是 IAAS 基础设施层，包括计算设备，储设备、网络设备等。

(2) 虚拟资源层。虚拟资源层则通过分布式技术和虚拟化技术对服务器、存储设备与网络设备等硬件资源进行虚拟化，以虚拟机为单位进行统一自动化管理，对这些虚拟资源提供资源监控、负载管理、资源调度、安全管理等功能。

(3) 系统管理与数据资源层。此架构中，虚拟化平台采用较为成熟的 VMware vSphere 虚拟化管理工具，并配置 vCenter Server Heartbeat 保证虚拟平台的可靠性；Hadoop 批处理来实现大数据处理，结合 MapReduce 和并行数据库的优势，可以得到更高效的分布式计算模型。数据资源层是系统信息汇集的目的地，是数据存储和管理的基础。

(4) 平台支撑层。平台支撑层配备基本的公共服务产品，方便开发者在其上层更加快捷的搭建业务应用流程和构造信息门户。该层可以有效地隔离下层数据和上层应用之间的直接联系，方便系统灵活扩展，建

立与其他水利业务系统之间的数据共享通道和建立业务协同关系。

(5) 应用层。业务层依托云平台环境的支撑，建立山洪灾害监测预警业务罗晋，构建各项防汛业务相关的 SAAS 服务。

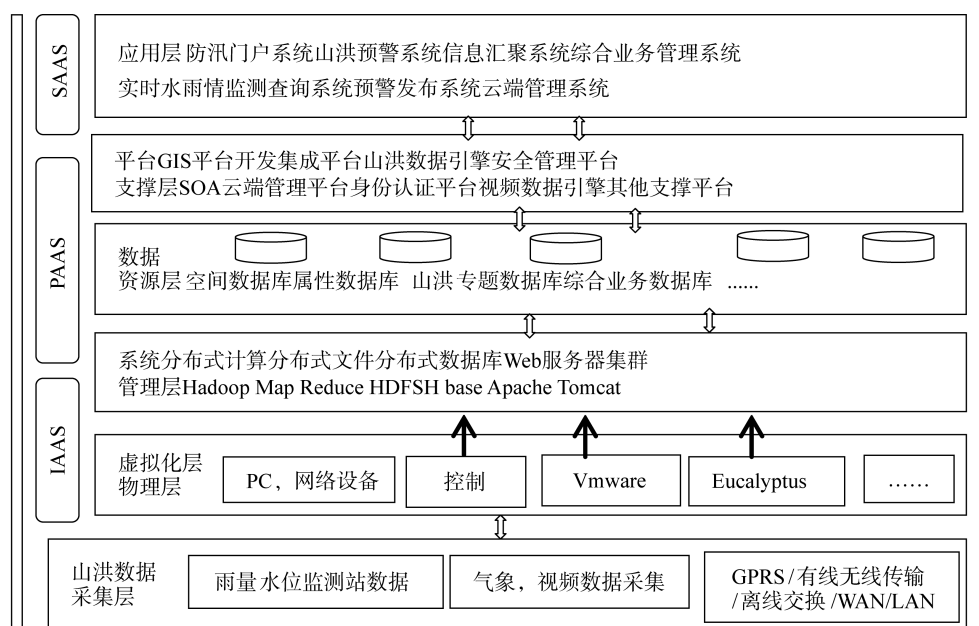


图1 山洪灾害监测预警系统云平台总体架构

## 2.2 云架构平台的实现部署

采用 Hadoop 技术的云计算平台的搭建部署主要过程如下：

步骤 1：在所有云计算中心申请的 IAAS 资源主机上部署相同的 hadoop 目录结构，并且用户名的帐户要相同，用户名和密码自己指定。配置每台电脑上的/etc/hosts 目录，保证他们之间能相互通信。

步骤 2：进行 SSH 免密码远程登录配置。在进行 SSH 配置之前需要先安装 SSH 服务并开启。用 hadoop 用户分别登录每台主机资源，在/home/hadoop/目录下建立.ssh 目录，在 master 节点(即主机 test1)上使用命令\$ ssh-keygen -t rsa 来生成密钥对，然后把这个公钥分别放置在 Slave 节点的 hadoop/.ssh/authorized\_keys 文件中。在 NameNode 节点上生成密钥对并将公钥复制至其他 DataNode：

```
ssh-keygen -t dsa -P "" -f ~/.ssh/id_dsa cat ~/.ssh/id_dsa.pub >> ~/.ssh/authorized_keys
```

步骤 3：在每台主机资源上分别安装 JAVA 的开发和运行环境，安装完成后并进行环境变量的配置，用\$ source /etc/profile 使 JAVA 环境生效。

步骤 4：进行 hadoop 参数设置。下载并解压缩 hadoop-0.19.1.jar，并对其进行配置。首先在 hadoop-env.conf 文件中，修改 JDK 安装路径，再按需要对 hadoop-site.conf 文件修改

步骤 5：Hadoop 核心配置文件 core-site.xml、HDFS 配置文件 hdfs-site.xml、MapReduce 配置文件 mapred-site.xml 配置如下图所示配置 conf/master 文件，添加所有的 NameNode：test1。配置 conf/slave 文件，添加所有的 DataNode：est2、test3、test4。

步骤 6：同步配置文件。如果需要任何一台机器都能够启动和关闭 Hadoop，就需要将 NameNode 上安

```
<!-- core-site.xml配置 -->
<configuration>
  <property>
    <name>fs.default.name</name>
    <value>hdfs://ShanHongJanCe-01:9100</value>
  </property>
</configuration>
<!-- hdfs-site.xml配置 -->
<configuration>
  <property>
    <name>dfs.replication</name>
    <value>4</value>
  </property>
</configuration>
<!-- mapred-site.xml配置 -->
<configuration>
  <property>
    <name>mapred.job.tracker</name>
    <value>ShanHongJanCe-01:9100</value>
  </property>
</configuration>
```

图2 配置添加图

装配置完成的 hadoop 文件拷贝到所有 DataNode。如果都是通过 Master 去启动和关闭的,那么 Master 和 Slave 上的几个 conf 配置文件不需要全部同步。

步骤 7: 启动 hadoop。启动之前,需要先使用\$bin/hadoop namenode -format 命令来完成格式化 NameNode。使用 bin/start-all.sh 启动了 hadoop 的守护进程。如果要停止,使用\$bin/stop-all.sh 来停止 hadoop。至此, hadoop 云计算平台已经搭建完成。可以在浏览器中输入 http://test1:9100 就能看到 test1 上的 NameNode 的运行情况了,同理可以查看其它计算机的运行情况。

3 基于云架构的山洪灾害监测预警系统实现

3.1 系统的基础数据整理与录入

山洪灾害监测预警系统的基础数据来源广泛且量大复杂,数据格式不统一,所以必须对不同来源的数据通过数据清洗和转换进行统一的数据编码和统一的数据存储。基础数据来源主要有根据国家要求建设的水位站,雨量站信息,还有其后各相关水利部门自己建设的水位站雨量站,有些是自动的上报的,有些是人工上报的,还有河道,水库的视频监控站等数据。此外还有气象,水文,国土等部门提供的外部数据。对于这些庞大的数据经过统一的编码和存储录入后,采用建立专题数据库的形式,如实时水雨情数据库、历史大洪水数据库洪涝灾害数据库、山洪灾害专题空间数据库等采用 Hadoop 技术中 HDFS 对山洪异构数据提供分布式存储<sup>[7,8]</sup>。

3.2.1 监测站编码

监测站主要指水位站,雨量站,视频站等采集的数据,通过统一的编码进行入识别入库。

水位,雨量监测站代码组成 ABBCDDEE

代表: 流域(区)码水系(分区)码测站(断面)类测站所属地标识测站序号

视频站编码组成 ABTFFSSNNNY

代表: 类别属性吗一级流域码二级流域码支流编码视频点编码视频点类型

3.2.2 监测数据整理录入

以水位站,雨量站示例数据说明(表 2)

示例数据说明 测站编码: 60523450 时间范围: 2014/6/23 8: 00-2014/6/27 8: 00

Stcd(测站编码) TM(时间) DPR(时段降水量) INTV(时段长)

PRD(降水历时) DYP(日降水量) WTH(时段长)

表 2 监测数据处理及存储示例说明

Stcd	TM	DPR/mm	INTV/h	PRD/n	DYP/mm	WTH
60523450	2014/6/27 8: 00	<NULL>	<NULL>	<NULL>	<NULL>	8
60523450	2014/6/27 7: 00	2	1	<NULL>	<NULL>	7
60523450	2014/6/27 6: 00	8	1	<NULL>	<NULL>	7
60523450	2014/6/27 6: 00: 0.005	1	0.05	<NULL>	<NULL>	7
60523450	2014/6/27 5: 25	3	0.05	<NULL>	<NULL>	7
60523450	2014/6/27 5: 50	2	0.05	<NULL>	<NULL>	7
60523450	2014/6/27 5: 45	2	0.05	<NULL>	<NULL>	7
60523450	2014/6/27 5: 00	7.5	1	0.25	<NULL>	7
60523450	2014/6/27 4: 00	3.5	1	<NULL>	<NULL>	7
60523450	2014/6/27 3: 00	23	1	<NULL>	<NULL>	7
60523450	2014/6/27 2: 00	9	1	<NULL>	<NULL>	7
60523450	2014/6/27 1: 00	0.5	1	<NULL>	<NULL>	7
60523450	2014/6/24 8: 00	<NULL>	<NULL>	<NULL>	5.5	8
60523450	2014/6/23 13: 00	1	1	<NULL>	<NULL>	7
60523450	2014/6/23 12: 00	0.5	1	<NULL>	<NULL>	7
60523450	2014/6/23 11: 00	0.5	1	<NULL>	<NULL>	7
60523450	2014/6/23 10: 00	2.5	1	<NULL>	<NULL>	7
60523450	2014/6/23 9: 00	1	1	<NULL>	<NULL>	7
60523450	2014/6/23 8: 00	0.5	1	<NULL>	<NULL>	7

2014/6/23 8:00 降水记录举例：一小时内的时间段累计降水(当  $INTV=1$  情况下)， $DYP=15.5$  代表 2014/6/23 8:00—2014/6/27 8:00 前一日的日累计降水，实际取值  $\sum DPR(2014/6/23\ 8:00—2014/6/27\ 8:00)$ ；2014/6/27 06:00 降水记录举例：如在 05:55~06:00 这一段有降雨发生，则在 06:00 时刻需分别记录该时刻的降雨短历时(5 分钟)和小时累计雨量，由于数据表主键字段限制，造成无法正常记录数据，需要针对短历时(五分钟)累计雨量入库数据中的 TM 字段进行处理，在 06:00 时刻上再加入 5 毫秒，形成“2014/6/27 6:00:0.005”的 TM 数据，小时累计数据入库时则沿用“2014/6/27 6:00”的 TM 数据。

在 2014/6/24 8:00 的记录中，DRP 为 NULL，代表前一段没有降雨，而  $DYP=5.5$ ，为前一日的时段累计降水量；由于本次监测站需要发平安报，因此即使前一日没有降雨( $\sum DPR=0$ )，也必须按  $DYP=0$  报送，具体格式如表中 2014/6/27 8:00 的第一行记录。数据库表降雨历时字段：数据存储的格式是 HH.NN，其中 HH 为小时数，取值为 00~23；NN 为分钟数取值为 01~99 如表中第四行  $PRD=0.25$ ，代表前一小时内的实际降水时间 25 分钟；如果  $\sum DPR(15\text{ 分钟}) \geq 5\text{mm}$  就要进行暴雨加报。 $WTH=7$  代表雨天。

### 3.2 系统的主要功能实现展示

#### 3.2.1 实时水雨情监测，重点山洪区域视频监控功能

系统的表现形式以 WEBGIS 和表格的方式为主，主要在地图上显示各监测站点的分布，并在站点旁标注出水雨情信息(如降雨，水位，流量等)，并可以查询各监测站点的详细信息(如时段降雨，日降雨等)和历史水雨情信息，当监测站点的监测项达到预警指标时，系统自动通过声音，闪烁，短信方式报警，让防汛人员及时掌握最新动态，提前做出决策，避免或者减少灾害造成的损失，见图 3。

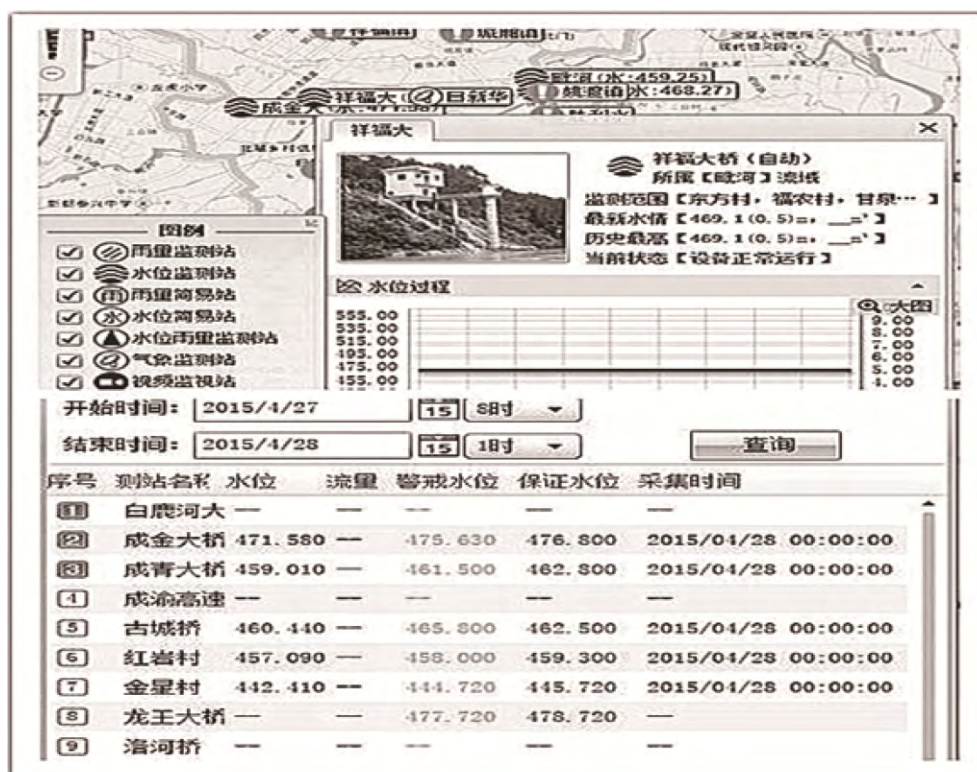


图 3 实时水雨情监测功能实现图

#### 3.2.2 河道水库实时监测

实时显示各水库河道站当前水位，流量，水位变化趋势，警戒保证情况，并提供当前水位示意图；显示选定区域内任意时段的各站水位，水势，流量，历史最高水位及发生时间，最大流量发生时间，显示水位流量过程线等，如图 4。

#### 3.2.3 山洪分析预警以预警发布

系统对水雨情报警展示，山洪预警信息，山洪预警指标，通过降雨量，水位，土壤含水量等信息进行



山洪历史数据建模分析, 根据预警指标一旦出现预警信息, 系统自动对关联的区域进行报警提示, 并发送报警信息给相关的目标用户。同时, 提供雨水情之间的预警联动, 即雨量站报警后, 系统智能地对附近的水位站进行报警提示。

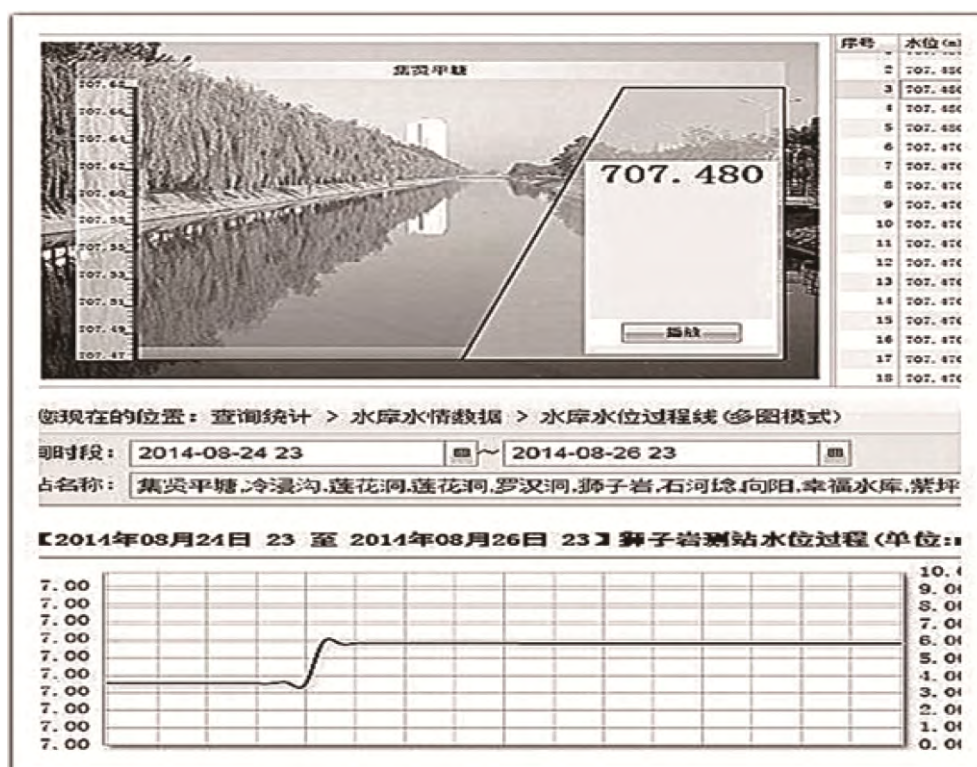


图 4 实时河道水库监测情况与水位变化趋势图

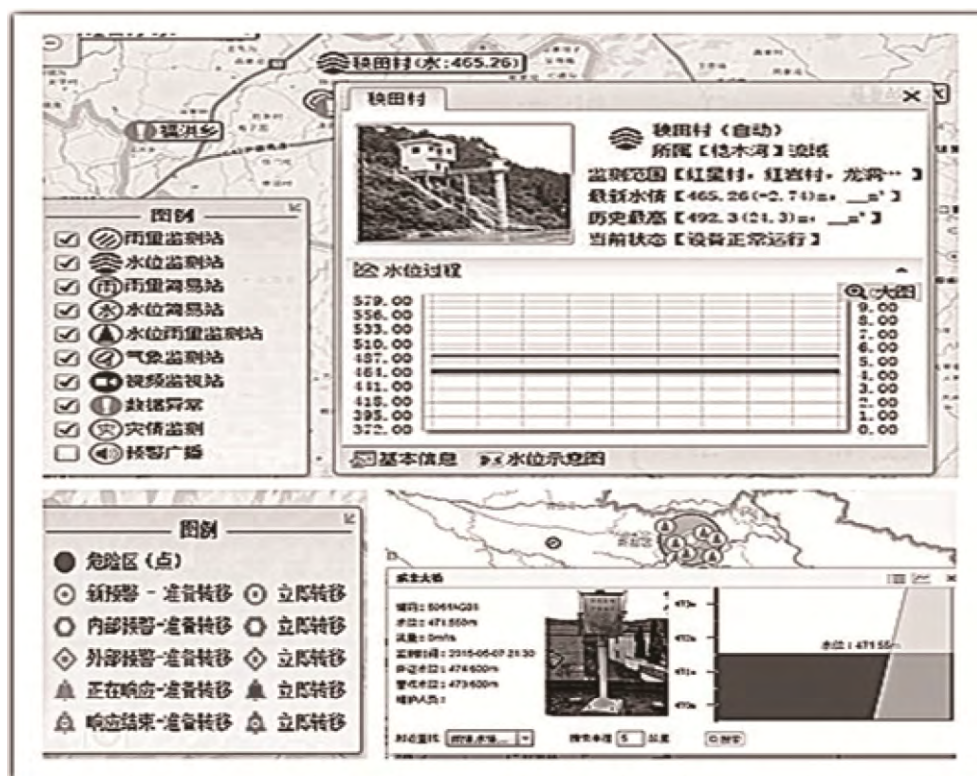


图 5 山洪分析预警以预警发布功能实现图

除此之外系统还具基础信息查询, 统计分析, 防汛门户网站, 系统管理, 预警响应跟踪等功能。预警响应跟踪是根据预警结果, 信息发布情况以及政府批准的响应预案, 各相关部门启动响应预案响应跟踪子系统将跟踪本区域范围内的响应执行情况, 直到响应结束。

### 3.3 基于雨量模型的实时动态预警分析算法

山洪雨量预警算法的设计模型分析法建立在自动检测站网和具有物理概念的流域水文模型基础之上着重考虑流域降雨, 土壤含水量的影响, 采用以小流域或网格为计算单元的流域模型, 计算时段划分精细, 对流域山洪过程进行模拟, 重点是对流域内各个沿河村落, 集镇, 城镇等防灾对象控制断面的洪水过程进行模拟, 分析得到更为详实可靠的雨量预警指标信息。

算法关键步骤: ①根据防灾对象所在控制断面的成灾水位, 运用曼宁公式等水力学方法, 查算相应流量。②确定流域响应时间( $t_p$ ), 即洪峰与雨峰的滞后时间; 计算洪水过程, 根据洪水过程线, 确定临界雨量截止时间( $t_q$ ), 并据此反推设计降雨或者实际场次降雨截至时的降雨过程。

③结合土壤含水量和预警时段分析成果, 分析出各预警时段临界雨量的阈值

阈值计算一般方法:

$R \cdot I = CI$  某时段降雨强度(mm/hr);  $R$  为该时段之前的有效降雨量(mm)

$R = \sum_{i=0}^7 \alpha^i R_i$   $R_i$  为本次降雨开始之前  $i$  日的降雨量, 一般取开始前 7 天的加权雨量之和;  $C$  为临界值。 $\alpha$  为日降雨量加权系数, 一般  $\alpha = 0.5-0.8$ , 各地根据实际情况调整。

④根据预警响应时间和洪水上涨速率, 确定准备转移和立即转移预警指标。

⑤采用实际山洪灾害事件资料, 灾害调查资料, 暴雨图集等基础性水文资料, 进行验证合理性分子。

当采用降雨预报等动态雨量作为模型输入信息, 本算法可以实时分析计算洪水过程, 动态反推实际条件下的雨量预警指标, 实现山洪动态预警, 提高预警准确性, 更具有实用价值。如图 6 就是模型分析法的雨量预警分析示意图。当针对各个防灾对象, 采用不同时段雨量进行试算, 得到山洪发生雨量的上包线, 再结合降雨预报信息, 实现山洪动态预警。

( $T_1$  降雨临界值,  $T_2$  雨峰出现时间,  $T_3$  降雨持续,  $T_4$  洪峰出现,  $T_5$  预警开始,

$T_p$  雨峰洪峰滞后时间)

图 7 中, 粗线表示某实际场次的累计降雨过程, 虚线表示临界值, 只要累积雨量线与临界线相交, 就应当发出预警。根据图, 若事先知道累积雨量线处于某一个未超过临界线的位置, 如果再有未来某一时段(3h, 6h)的预报雨量, 就可以判断延长后的累积雨量线是否超过雨量临界线, 进而确定预警与否; 如此隔一定时间(3h, 6h)更新一次, 实现动态预警。

## 4 结论

基于云架构的山洪灾害监测预警系统以各种图表, 声音, 颜色等多种形式信息发布和分级预警, 把水雨情形式, 水库河道水文数据, 山洪发展趋势等信息直观地反映在系统界面上, 为政府部门防汛减灾实时联动决策指挥提供科学依据, 系统自 2014 年投入运行以后, 经历了一个汛期的考验, 取得了显著的社会和经济效益。利用云计算技术也实现了真正意义上的山洪数据资源的共享, SAAS

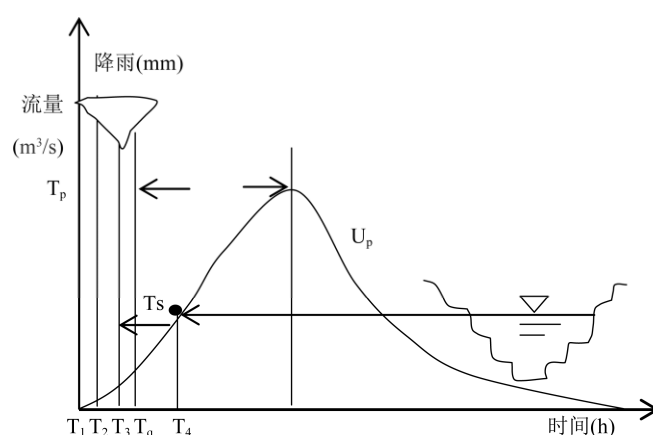


图 6 模型分析法雨量预警分析示意图

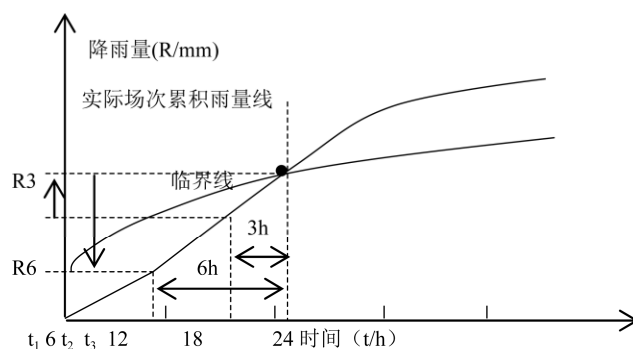


图 7 模型分析法雨量预警分析成果示意图

的服务模式增加了用户的使用范围,也减少了系统开发维护的成本。

## 参考文献

- [1] Michael Cusumano. Cloud Computing and SaaS as New Computing Platforms[C]. Communications of the aem, 2010, 53(4): 27-29.
- [2] 杨汝洁, 杨云江. 基于私有云服务的水资源管理系统的基础架构设计[J]. 贵州大学学报(自然科学版), 2013, 30(3): 109-112.
- [3] 尹炜靖, 万定生, 关兴中. 基于云计算的水文数据共享平台的应用研究[J]. 信息技术, 2013(8): 68-72.
- [4] 段忠祥. 基于云计算的网络平台共享资源模型的建设[J]. 软件, 2013, 34(5): 119-121.
- [5] 陈煜, 王树伟, 王冠华. 水利工程建设管理云计算平台的研究与实践[J]. 水利信息化, 2013(5): 14-18.
- [6] 刘海燕, 王光谦, 魏加华, 等. 基于物联网与云计算的灌区信息管理系统研究[J]. 应用基础与工程科学学报, 2013, 21(2): 195-201.
- [7] 白亚鲁. 云计算环境下大规模数据处理的研究[J]. 软件, 2013, 34(5): 128-129.
- [8] 王楠. 基于网络容量限制的分布式数据库的数据迁移[J]. 软件, 2013, 34(12): 249-252.
- [9] 周婧. 基于云服务平台的应用软件商店开发者社区研究与实现[D]. 成都: 电子科技大学硕士论文, 2009.
- [10] 兰鹏飞. 基于云计算的智慧校园支撑服务平台的设计与实现[D]. 北京: 北京工业大学硕士论文, 2013.

(上接第83页)

一定程度的总体的把握,进而掌握主动权,为取得可能发生战争的胜利奠定基础。通过数据挖掘技术的应用人们对军事的理解也从传统层面上升到新的高度,在对敌对的势力进行精准数据分析的前提下,做出针对性、科学性的准备与部署。数据挖掘技术在军事领域的应用,既需要高能力的计算机人才,也更是需要具备国家荣誉感的人士,只有在清楚把握住敌人情况下,才能做出正确的作战方式,由此计算机数据挖掘技术在军事领域中的作用最不容忽视。

此外,计算机数据挖掘技术在互联网中的应用主要有两个方面:一是研制新的更好的索引系统,二是利用已有索引(搜索)系统开发更高层次的发现(搜索)系统。

## 4 结束语

利用计算机进行数据挖掘技术已经在人们的社会生产、生活中以及不同领域中发挥着巨大的作用,包括太空领域、气象领域、教育领域、电子商务、企业生产、金融领域、医学领域、生物领域和军事领域等。为此深入对数据挖掘技术的理论研究和技术开发,倍加重视以应用带动理论和技术创新,才能使之更好的为国家和社会服务,提高我国的综合国力。

## 参考文献

- [1] 沈文渊, 丁颖. 计算机数据挖掘技术的开发及其应用探究[J]. 信息系统工程, 2014, (6).
- [2] 舒正渝. 浅谈数据挖掘技术及其应用[J]. 中国西部科技, 2010, (5).
- [3] 赵鑫. 数据挖掘技术及其应用探析[J]. 电子技术与软件工程, 2014, (23).
- [4] 赵丽坤, 陈立文, 张国宗. 基于数据挖掘技术的软件项目管理体系[J]. 经营与管理, 2012(12): 34-35.
- [5] 李新, 张晓静, 米燕涛. 软件开发过程中的数据挖掘[J]. 石家庄职业技术学院学报, 2012(02): 10-12.
- [6] 张特来, 刘万军. 数据挖掘在医学领域的应用研究[J]. 自动化技术与应用, 2005(10).
- [7] Han J, Kamber M. Data Mining: Concepts and Techniques[M]. San Francisco: Academic Press, 2001.
- [8] Harvey J Miller, Jiawei Han. Graphical Data Mining & Knowledge Discovery. Taylor & Francis, 2001, 12.
- [9] 邱凯昌. 空间数据挖掘与知识发现[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2002. 12.
- [10] 贝尔森, 史密斯, 西瑞林. 《构件面向CRM的数据挖掘应用》贺奇等译[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2001, 8.
- [11] 岳耀雪. 基于数据挖掘算法的网络入侵检测系统研究[J]. 计算机安全, 2009, 10.
- [12] 于净, 李定远, 王海燕. 数据挖掘在医药信息学中的应用探究[J]. 中国中医药现代远程教育, 2010, 20.