

文章编号: 2096-1618(2017)04-0359-05

# 四川省强降水致灾评估业务系统设计与实现

陈 丁<sup>1</sup>, 肖天贵<sup>2</sup>, 敬枫蓉<sup>2</sup>, 汪 丽<sup>3</sup>, 詹兆渝<sup>4</sup>

(1. 成都信息工程大学信息安全工程学院, 四川 成都 610225; 2. 成都信息工程大学大气科学学院, 四川 成都 610225; 3. 四川省气象台, 四川 成都 610071; 4. 四川省气候中心, 四川 成都 610071)

**摘要:**以四川省逐日降水、地理信息及历史灾情等数据为基础,利用轻量级 Java EE 框架构建业务系统和 Fortran 语言实现评估模型,完成对强降水过程的等级评估,所有数据均在系统内部完成分析计算,自动生成评估报告;实现对强降水过程灾情监测的实时化、气象灾害评估分析处理的模型化、灾害预警和业务产品的自动化、预警信息发布的网络化、气象服务与决策的可视化。

**关 键 词:**四川地区;强降水过程;评估系统;Java EE

**中图分类号:**TP399

**文献标志码:**A

**doi:**10.16836/j.cnki.jcuit.2017.04.003

## 0 引言

近年来,洪涝、干旱、暴雨、台风、强对流等极端气象灾害事件呈多发频发态势,给人民群众生活带来巨大影响,造成国民经济巨大损失。据统计 1990–2013 年,全国范围内因气象灾害死亡多达 9.1 万多人,直接经济损失 5.5 万多亿元。在这些重大的气象灾害事件中,强降水致灾的影响极为突出,强降水所导致的灾害在中国致灾气象事件中所占比例高达 40%<sup>[1]</sup>。2016 年《中国气候公报》发布的数据指出当年中国出现 46 次区域性暴雨过程,暴雨日数创 1961 年以来最高历史纪录,26 个省(区、市)出现城市内涝,为暴雨洪涝灾害偏重年份,这也是在四川省范围内区域性危害最严重的气象灾害<sup>[2]</sup>。因而,基于现代信息技术手段对区域性强降水灾害进行预警及风险评估的业务化工作是气象业务现代化建设中的重要任务。课题通过对强降水灾害的致灾因子、孕灾环境、承灾体属性、历史灾情等评估指标分析,利用模糊数学、层次分析、可拓理论建立强降水等级风险评估模型,结合地理信息系统、数据挖掘等技术手段,设计和开发了基于 WebGIS 的四川省强降水致灾监测、预报预警和风险评估系统,实现对强降水过程灾情监测的实时化、气象灾害评估分析处理的模型化、灾害预警和业务产品的自动化、预警信息发布的网络化、气象服务与决策的可视化,着力推进四川地区气象业务现代化建设进展<sup>[3]</sup>。

## 1 体系设计

四川省强降水致灾评估业务系统体系建设以气象

灾害预警服务需求为导引、气象部门业务信息化为指南、气象防灾减灾服务体系建设为核心,在分析梳理温度、风向、气压、降水等气象要素和业务数据的基础上,按照层次化、面向服务、持续改进的体系结构设计思想,坚持开放与整合的理念,描述并构建强降水灾害风险评估系统的总体架构,着力解决业务部门间“信息孤岛”和“信息烟囱”问题,实现业务系统间的数据互访、产品互通,为气象防灾减灾预警服务体系的“早发现、早预警、早处置”目标打下基础,探索智慧气象建设<sup>[4]</sup>。

具体设计步骤:在分析气象防灾减灾预警服务业务需求的基础上,通过对四川省历年逐日、逐小时降水数据和地理信息、社会经济、历史灾情等基础资料的整理分析,按照数据特征进行分类构建四川省强降水专题数据库<sup>[5]</sup>;然后比较层次分析、模糊数学、统计学、可拓理论等方法在四川地区强降水过程评估分析中的优劣,建立一套合理的强降水致灾风险评估模型,对强降水过程进行灾前、灾中、灾后快速评估并及时发布预警服务产品<sup>[6]</sup>;最后利用地理信息系统的空间分析能力和图表化的统计工具,形成可视化的灾前、灾中、灾后评估产品。最终系统将具备数据集成化、模型配置化、业务一体化、成果可视化等特点<sup>[7]</sup>。

## 2 系统设计

四川省强降水致灾评估业务系统是指气象业务部门将逐日、逐小时降水的历史、实况、预报 3 类数据作为输入,利用评估模型计算本次强降水过程的暴雨日数和降水等级,然后结合地理信息、社会经济统计数据、历史灾情等评估指标,形成灾前、灾中、灾后评估报

收稿日期:2017-03-10

基金项目:中国气象局西南区域气象中心重大科研资助项目(西南区域 2014-5);国家自然科学基金重点基金资助项目(91337215)

告。根据上述需求按照体系结构设计思路,系统设计为5个层次:展现层、业务层、服务层、数据层、系统层。展现层是系统和用户直接进行交互,采用响应式 Web 设计,可以适应基于 PC 端、手机端和 LED 大屏的展示和使用;业务层是系统架构中体现核心价值的部分,根据气象台和气候中心的业务规则和业务流程,将业务层划分为灾情监测、灾害评估、产品展现、预警发布、查询统计、后台管理等6大子系统<sup>[8]</sup>;服务层是位于业务层与数据层之间的逻辑层,主要为业务层调用数据层资源提供抽象服务接口,包括地理信息服务、数据处理

服务、灾害评估服务、产品制作服务、统计分析服务、系统安全服务;数据层作为系统业务处理的基础,主要包括地理信息数据库、气象资料数据库、评估指标数据库、强降水专题数据库、评估产品数据库、业务支持数据库;系统层是指业务系统运行的软、硬件环境,软件环境包括:WebGIS 平台、Java EE 框架、操作系统和数据库管理系统,硬件环境包括:数据库服务器、应用服务器、文件服务器、地图服务器及网络环境<sup>[9]</sup>。四川省强降水致灾评估业务系统的总体架构如图1所示。



图1 系统总体结构

系统数据处理的流程如图2所示。

技术体系结构如图3所示。

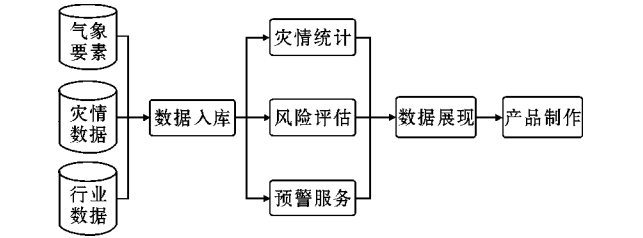


图2 系统数据处理流程

在系统实现的技术框架选型中,采用轻量级的 Java EE 多层架构体系,应用 SOA+MVC 的设计模式,运用了大量先进的诸如 Ajax、Flex 等 Web2.0 的技术,实现了“高内聚,低耦合”的设计思想,增强系统的灵活性和开放性。展现层使用 JQuery、Echart 等成熟框架来丰富表现形式,业务层采用稳定、快速的 Spring MVC 框架来实现系统的核心业务,数据层采用最新的 JPA 标准来实现 O/R(实体/关系)映射<sup>[10]</sup>。系统的软件

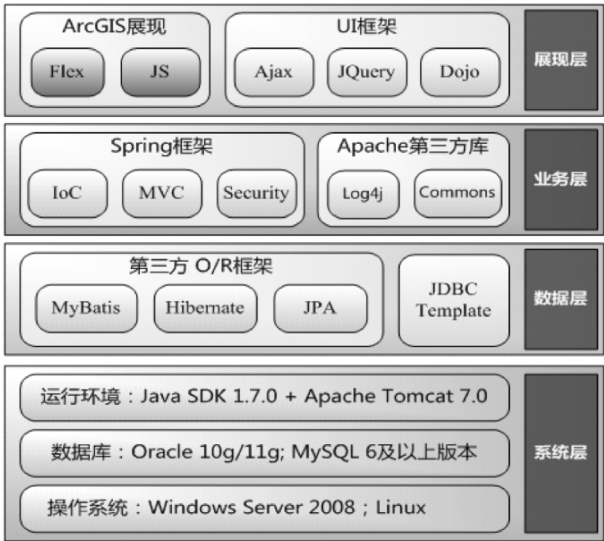


图3 系统软件技术体系

根据系统总体结构的设计,将系统划分为灾情监测、灾害评估、产品展现、预警发布、系统管理 5 大模块,查询统计分布在各大模块之中,系统功能模块如图 4 所示。

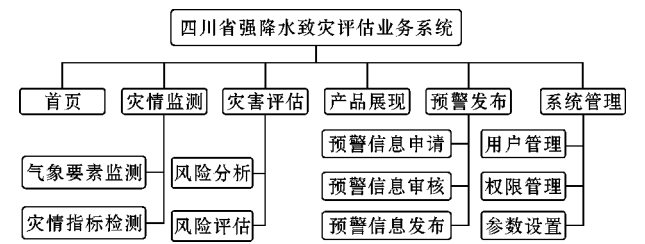


图 4 系统功能模块

3 系统关键技术

3.1 评估模型服务化

风险评估模型由专业的气象建模人员使用 Fortran 语言实现,经验证后再交由系统开发人员将评估模型转化为 Java 实现,由于不同评估模型的准确性验证具有一定的周期性和反复性,此种开发方式不仅效率低,同时扩展性差。为此我们提出将 Fortran 实现的评估模型定义为统一的函数接口并编译为动态链接库(dll),然后使用 Java 语言的 JNA 库封装为 Web Service 供业务层调用<sup>[11]</sup>。此种解决方案不仅可发挥 Java 语言网络编程的优势和跨平台特性,也能充分利用 Fortran 强大的函数运算能力。这样不仅可减少重复性开发,还提高了系统的可扩展性,一旦评估模型进行了调整只需要替换 Fortran 动态链接库编译后的 dll 文件,业务系统不需要做任何变更。

四川省强降水致灾评估模型的权重系数采用层次分析法完成。层次分析法首先是把研究问题层次化,根据研究问题的性质和要达到的总目标,将研究问题分解为不同的组成因素,并按照因素间的相互关联影响以及隶属关系将因素按不同层次聚集组合,形成一个多层次的分析结构模型,如图 5 所示<sup>[12]</sup>。

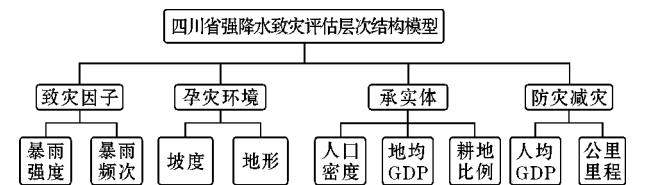


图 5 四川省强降水致灾评估层次结构模型

层次分析法算法流程如图 6 所示。

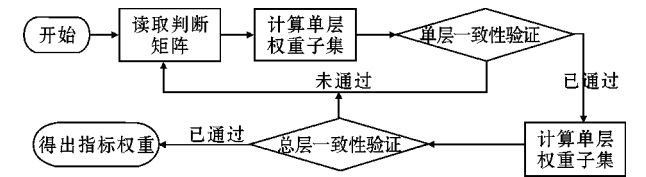


图 6 层次分析法算法流程

3.2 评估报告自动化

系统将评估报告作为一个核心的基础服务支撑模块,在对暴雨过程进行预估和评估后,根据系统设置好的评估报告模板由计算机自动生成风险评估报告<sup>[13]</sup>。这种方式不仅节省了大量的人力成本,而且也节省了 时间成本,同时还避免了人为的数据遗漏情况。评估报告可上传至综合业务平台形成强降水过程评估知识库,可供其他地、市、州的预报人员在分析类似问题时参考,也为下阶段的辅助决策奠定基础。

3.3 产品展现可视化

系统利用 GIS 的空间分析能力,将每天的降水数据,经过插值计算、掩膜提取、栅格渲染和等值线分析后<sup>[14]</sup>,形成直观的雨量分布图,供预估人员直观了解某辖区的降水变化情况。同时利用 Echart 强大的图表工具,将查询数据转换为柱状图、折线图、散点图以及雷达图等(如图 7 所示),为评估分析提供参考。

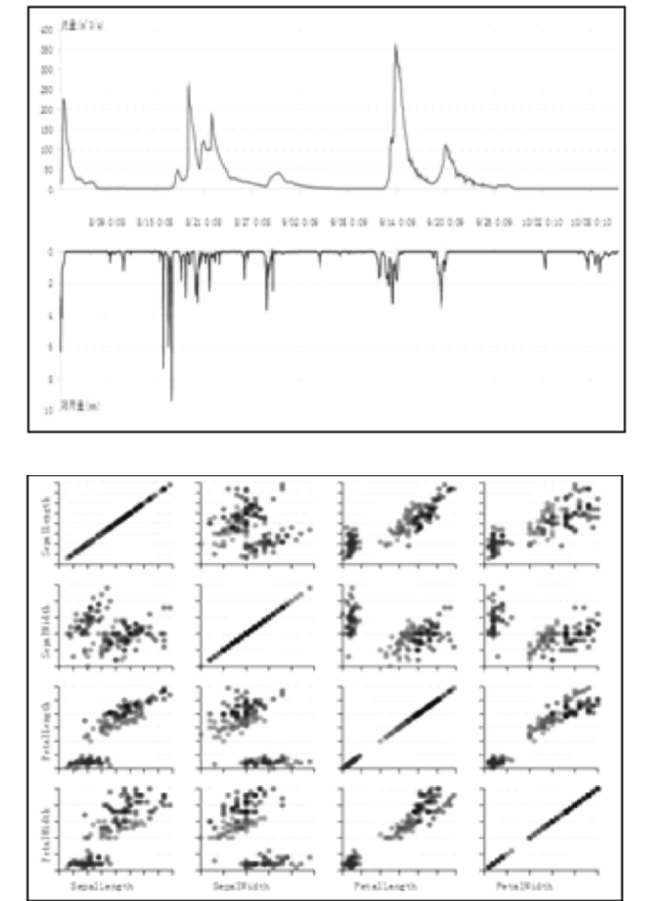


图 7 产品展现可视化

## 4 系统运行初步结果

利用1961–2013年四川省156个国家级气象观测站的逐日降水资料,选取08时至次日08时降水量建立暴雨过程评估模型的统计分析数据集,按此标准,获得了四川省1961–2013年共856次暴雨过程,系统的等级评估模型的概括率达到85%。

系统开发安装后试运行,在2016年1–5月初试运行期间,灾前预评估3次暴雨过程和灾中、灾后暴雨风险评估,暴雨过程等级、持续时间、暴雨强度等基本符合实际业务要求。后续将利用2014–2016年逐日降水资料,对气象灾害预警和风险评估模型进行回算,进一步优化模型算法,提高区域性暴雨预警和风险评估效果<sup>[15]</sup>。



图8 暴雨过程预评估结果

## 5 结束语

在强降水致灾评估业务系统研发的过程中,风险评估算法的实现是一项至关重要的工作。为让基于Fortran的评估模型具备更好的扩展性和跨平台,提出利用Java技术将评估模型库Web服务化、产品展现可视化,在现实应用中带来了极大的便利性,获得用户的好评,计算结果的准确性也得到普遍认可。

## 参考文献:

- [1] 丁一汇,张建云.暴雨洪涝[M].北京:气象出版社,2009.
- [2] 中华人民共和国国务院新闻办公室.中国气象局举行2016年中国气候公报等发布会[EB/OL]. <http://www.scio.gov.cn/xwfbh/gbwxfbh/xwfbh/qxj/Document/1539885/1539885.html>,2017-01-10.
- [3] 吴亚泽,肖天贵.县市级气象灾害预警与风险评估系统构建[A].第32届中国气象学会年会S14第五届气象服务发展论坛——气象服务与信息化[C].2015:685-686.
- [4] 沈文海.“智慧气象”内涵及特征分析[J].中国信息化,2015,(1):80-91.
- [5] 陈艳秋,袁子鹏.辽宁暴雨事件影响的预评估和灾后速评估[J].气象科学,2007,27(6):626-632.
- [6] 扈海波,轩春怡,诸立尚.北京地区城市暴雨积水灾害风险预评估[J].应用气象学报,2013,24(1):99-108.
- [7] 邹燕,叶殿秀,林毅,等.福建区域性暴雨过程综合强度定量化评估方法[J].应用气象学报,2014,25(3):360-364.
- [8] 王晓默,张翠扎,西亚培.气象灾害预警信息系统的设计[J].气象水文海洋仪器,2013,(4):52-55.
- [9] 宋方超.网络技术在气象灾害预警系统的应用[J].科技与创新,2015,(1):71-72.
- [10] 赛序朋.基于轻量级JavaEE技术的RBAC权限管理系统[D].青岛:中国海洋大学,2015:13-20.
- [11] 汪小林,邓浩,王海波,等.Fortran地理模型的拆分与服务化封装[J].计算机科学与探索,2011,(3):221-228.
- [12] 李廉水,王桂芝,黄小蓉,等.气象灾害评估分析的AHM方法研究[J].数理统计与管理,2011,(2):201-205.
- [13] 李彦宝.基于GIS的地质灾害风险评估系统研发与应用[D].北京:中国地质大学,2008.
- [14] 黄露.基于GIS的地质灾害气象预警决策支持系统的研究[D].武汉:武汉理工大学,2011:39-44.
- [15] 朱雅文,肖天贵,房玉洁.基于可拓理论的四川暴雨灾害风险评估模型[J].成都信息工程大学学报,2016,31(5):500-507.

Design and Implementation of Heavy Precipitation Disaster  
Evaluation System in Sichuan Province

CHEN Ding<sup>1</sup>, XIAO Tian-gui<sup>2</sup>, JING Feng-rong<sup>2</sup>, WANG Li<sup>3</sup>, ZHAN Zhao-yu<sup>4</sup>

(1. College of Information Security Engineering, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China; 2. College of Atmospheric Sciences, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China; 3. Sichuan Meteorological Observatory, Chengdu 610071, China; 4. Sichuan Climate Center, Chengdu 610071, China)

**Abstract:** This paper is based on the Sichuan daily precipitation data, geographic information and historical data such as disaster. Then the lightweight Java EE frameworks are used to build the business of system and the evaluation model is implemented by using Fortran language. Finally, the heavy precipitation process is completed by level assessment. All data within the system to complete the interactions and analysis, automatic generation of assessment reports. We imply the heavy rainfall disaster monitoring of real-time meteorological disaster assessment analysis and processing model, disaster warning and business products automation, warning information of network, meteorological services and decision visualization.

**Keywords:** Sichuan area; heavy precipitation disaster; evaluation system