

清新福建气象条件贡献率评价指标系统设计

李长顺^{1,2}, 黄文霖³, 宗 晨¹, 何中声⁴, 柯小青¹

- (1. 福建省气象服务中心, 福建 福州 350001;
2. 数字福建气象大数据研究所(闽南师范大学), 福建 漳州 363000;
3. 福建省宁德市气象局, 福建 宁德 352100;
4. 福建农林大学 林学院, 福建 福州 350002)

摘 要:为响应“清新福建”生态文化旅游品牌建设的要求,设计开发了清新福建气象条件贡献率评价指标系统。该系统基于 Web Service、JavaEE、Oracle 数据库、WebGIS 等技术开发,集成气象条件贡献率评价体系和“清新指数”晴天、雨天预测模型等关键技术,实现“清新指数”服务产品的标准化发布和自动业务化运行。系统实现了负氧离子浓度监测、数据分析、数据可视化展示、“清新指数”预报、系统管理等功能设计,具有功能多、数据类型多、数据量大的特点,同时具备较高的效率性和可扩展性,具备硬件设备运行情况监测及异常状态报警等重要功能。自投入业务应用以来,系统运行稳定、可靠,“清新指数”产品制作发布与品牌宣传效果良好,以科学量化的数据支撑“清新福建—全福游,有全福”的品牌宣传,能够有效提升福建省旅游气象业务服务能力,以智慧气象助力生态文明和现代化旅游事业的发展。

关键词:评价指标系统;WebGIS;清新指数;旅游气象;服务平台

中图分类号:TP319

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2021)12-0211-06

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2021.12.035

Design of Evaluation Index System for Meteorological Contribution Rate of Fresh Fujian

LI Chang-shun^{1,2}, HUANG Wen-lin³, ZONG Chen¹, HE Zhong-sheng⁴, KE Xiao-qing¹

- (1. Fujian Meteorological Service Center, Fuzhou 350001, China;
2. Institute of Meteorological Big Data-Digital Fujian (Minnan Normal University), Zhangzhou 363000, China;
3. Meteorological Bureau of Ningde, Fujian Province, Ningde 352100, China;
4. School of Forestry, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

Abstract: In response to the requirements of "Fresh Fujian" brand building, the evaluation index system for the contribution rate of the fresh Fujian weather conditions is designed and developed. Based on Web Service, JavaEE, Oracle database, WebGIS and other technologies, the system integrates key technologies such as the meteorological condition contribution rate evaluation system and the "freshness index" sunny and rainy weather forecast models, and realizes the standardized release of "freshness index" service products and automatic business operation. The system has negative oxygen ion concentration monitoring, data analysis, data visualization display, "freshness index" forecast, system management and other functional design, with the characteristics of multiple functions, multiple data types, and large data volume. At the same time, the system has important functions such as hardware equipment operation monitoring and abnormal state alarms with high efficiency and scalability. Since it was put into application, the system has been operating stably and reliably. The production and release of "Freshness Index" products and brand promotion have been effective. The brand promotion of "Fresh Fujian-Quanfu Travel, Quanfu" is supported by scientific quantitative data. It can effectively improve the service capabilities of tourism meteorological services in Fujian Province, and use smart weather to help the development of ecological civilization and modern tourism.

Key words: evaluation index system; WebGIS; fresh index; tourism meteorology; service platform

收稿日期:2020-12-22

修回日期:2021-04-27

基金项目:国家自然科学基金(31700550, 31770678);中国气象局山洪项目(2018035);数字福建气象大数据研究所(闽南师范大学)(202010702);国网福建省电力有限公司技术开发项目(SGTYHT/16-JS-200)

作者简介:李长顺(1984-),男,工程师,硕士,研究方向为旅游气象服务、交通气象服务、中国天然氧吧创建、计算机技术及应用。

0 引言

福建全省森林覆盖率居全国之首,高达 66.8%,也是全国大气、水、生态环境质量全优的省份之一^[1]。2014 年国务院确定福建省为全国第一个生态文明先行示范区,并提出要求福建省推进森林旅游、文化等绿色产业和新兴产业的发展^[2]。生态资源是福建发展生态旅游的宝贵优势资源,能够吸引各方游客,带来可观的经济效益。

“清新福建”是福建的生态文化旅游品牌,代表福建鲜明的旅游形象。据福建省统计年鉴,“清新福建”品牌推出后,福建省旅游接待人次和旅游收入均有大幅增长。2018 年,福建省政府发布《关于加快推进全域旅游生态旅游的实施方案》,希望气象部门与旅游部门协同配合,开展做好景区“清新指数”的监测和等级预报服务。“清新指数”属福建首创^[3],反映生态景区内空气质量现状及变化趋势,其中负氧离子浓度是主要技术指标。“清新指数”既是“清新福建”品牌的具体量化描述,也是一项科学性的旅游气象服务产品,可为旅游管理部门、景区经营管理单位和广大旅游者提供针对景区环境和旅游体验的精细化的气象要素服务。

“清新指数”产品的发布将改变因缺乏旅游景区监测数据支撑,只能分区域粗放发布的情况,能有效增强“清新福建”品牌的可信度和吸引力,推动旅游业的转型升级。

当前计算机和网络通信技术飞速发展,在气象预报服务领域的应用日益深入广泛^[4-7],为旅游气象服务的发展提供了技术支撑^[8-11]。清新福建气象条件贡献率评价指标系统在福建全省旅游气象服务系统建设的统一框架下,根据气象条件贡献率模块的需求和工作流,基于监测、预报和 web 开发技术,搭建较为完善的气象条件贡献率指标系统展示系统,使用科学方法分析负氧离子浓度与各气象要素的关联程度和贡献率,实现数据可视化展示和“清新指数”服务产品的自动业务化运行,以智慧气象助力生态旅游的发展。

1 系统架构和技术实现方案

1.1 系统技术架构

气象条件贡献率评价指标系统根据通用性不同分为 4 层:用户层、展示层、应用层、数据资源层,具体如图 1 所示。

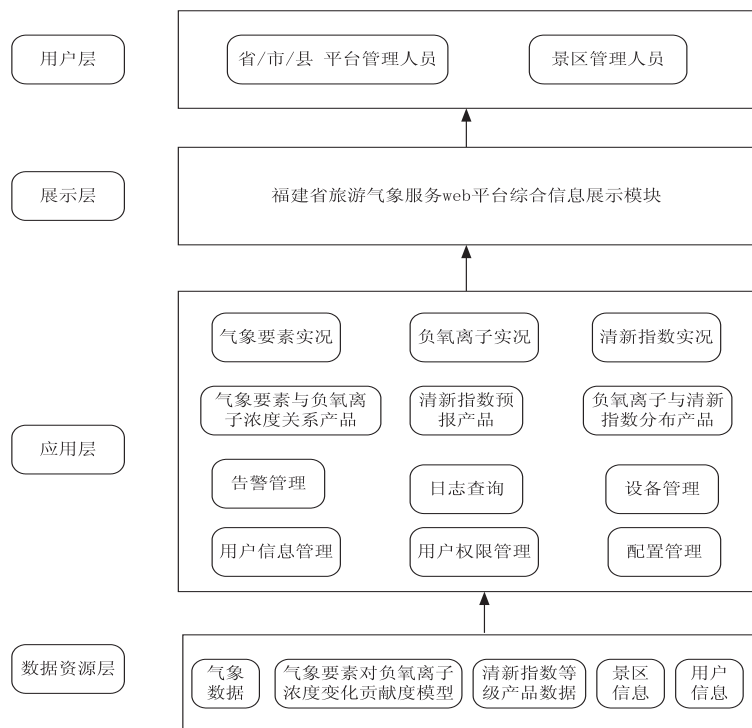


图 1 系统技术架构

1.1.1 数据资源层

数据资源层为系统提供数据存储支持,主要是提供各功能模块的读写及管理功能。数据来源包括:国家级或省局 CIMISS 数据接口、福建省精细化格点预报、全省重点景区(武夷山、三坊七巷、太姥山等 10 个景区)监测数据等。数据类别包括:气象实况数据、负氧离子浓度、气象要素对负氧离子浓度变化贡献度模

型计算结果、“清新指数”等级产品数据、景区信息和用户信息等。按照数据类型,通过读取信源文件或 API 接口的形式对数据进行读取,按照规范、安全、稳定、高效、易用的原则进行设计,满足数据的一致性和完整性。

1.1.2 应用层

应用层为系统提供公共服务功能支持,抽取公共

服务功能并与具体业务分离,公共服务功能主要包括数据查询服务、数据处理服务、通信服务、应对决策服务、算法服务及分析工具服务等。

1.1.3 展示层

本层是系统开展相关业务的入口,包含 PC 端、LED 大屏等终端,主要负责系统的人机交互功能及数据、图形、地图展示及分析功能,为用户提供可视化服务,提升旅游气象服务产品精细化程度及专业化程度。

1.1.4 用户层

系统面对的用户对象为省/市/县不同级别的平台管理人员及景区管理人员,他们可以利用信息化的气象管理平台提升业务服务能力。

1.2 网络拓扑图和系统接口设计

1.2.1 网络拓扑图

气象条件贡献率评价指标系统作为全省旅游气象服务平台的一个模块,在全局网络拓扑网中建设。系统的部署设计根据系统总体技术架构设计的实际需求,对整个系统的网络结构、网络应用按照先进性、成熟性、可靠性、开放性和安全性的原则进行,系统网络拓扑见图 2。

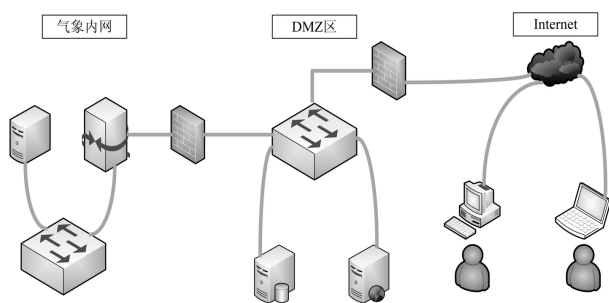


图 2 系统网络拓扑

部署设计分为气象内网、DMZ 区、Internet 外网 3 个区域。系统通过连接气象内网读取气象信源数据;将数据库服务器和应用服务器部署在 DMZ 区,能够保证数据传输的安全性,气象内网可以单向访问 DMZ 区,在保证安全性的同时也不影响用户通过外网访问使用;景区管理人员、各级气象部门工作人员通过互联网访问清新福建气象条件贡献率评价指标系统(PC)可以实时查看清新产品,系统使用者可通过系统分析工具对气象要素与负氧离子浓度之间的关联关系做进一步的分析。

1.2.2 系统接口设计

气象条件贡献率评价指标系统需要处理各类数据,合理的接口设计能够实现方便快捷的数据调用。本系统接口设计采用 Java 语言,接口的类型主要分为数据库接口和外部接口,具体如图 3 所示。外部接口用于外部信源接入,通过接口对原始数据进行采集,通过 API 接口将读取的数据转化为标准数据格式;数据

库接口负责对原始数据的深加工,基于不同的业务需求进行差异化处理。原始数据经后台处理后作为备用数据,用户调取接口进入后台逻辑加工,从而返回给用户所需的格式化数据。

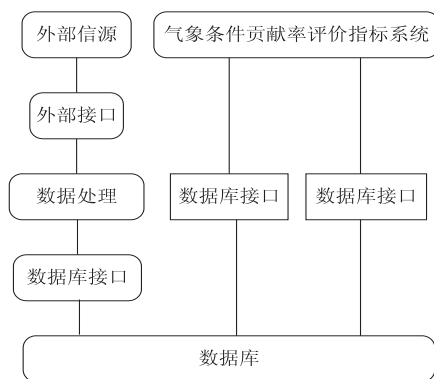


图 3 系统接口设计

1.3 系统数据库设计

数据库(DB)是计算机信息系统和计算机应用系统的基础和核心。清新福建气象条件贡献率评价指标系统采用 Oracle 数据库作为数据存储支撑,其具有良好的可移植性,使用方便、功能强大,同时应用 plsql 作为数据设计编辑工具和管理员工具。

在数据库设计初始阶段,首先采用概念数据模型中的 E-R 模型,以业务需求为主,集中分析相关业务数据之间的直接联系,从用户的观点出发对信息进行建模。然后将 E-R 模型转换为面向数据系统、具有严格的形式化定义的逻辑数据模型,以便在计算机系统中实现。经过相关的建模分析,本系统的数据库在设计上分为:基础地理信息数据库、气象信息基础数据库、观测信息数据库、预报产品数据库、模型信息数据库、系统监控数据库、管理数据库等。

1.4 关键技术实现

1.4.1 气象条件贡献率评价体系和方法

基于负氧离子浓度与气象条件的相关关系,构建气象条件贡献率评价体系。采用相关分析法研究负氧离子浓度与气温、相对湿度、降水量、24 小时变压、水平能见度和 2 分钟平均风速、风向等气象要素之间的关系,并利用逐步回归方法^[12]按气象要素与负氧离子浓度的偏相关系数大小次序,将气象要素自变量逐个引入气象条件贡献率方程,对引入方程中的每个气象要素自变量的偏相关系数进行统计检验,效应显著的气象要素自变量留在回归方程内,因引入新气象要素自变量使方程中的原气象要素变量不显著时,将该气象要素自变量从方程中剔除,通过不断引入和剔除上述气象要素自变量,最后得到气象条件贡献率方程,从而得到气象条件对负氧离子浓度的权重赋值。

评价方法采用负氧离子浓度与空气清新等级对应

规范,以负氧离子浓度值作为主要技术指标,等级划分为非常清新、清新、较清新、一般和不清新 5 个等级,如表 1 所示。

表 1 负氧离子浓度与空气清新等级对应关系

负氧离子浓度值	空气清新度等级
≤500	IIV 级,不清新
100 ~ 500	IV 级,一般
500 ~ 1 000	III 级,较清新
1 000 ~ 1 500	II 级,清新
≥1 500	I 级,非常清新

注:福建省清新指数发布规范

1.4.2 “清新指数”预报模型建立方法

“清新指数”这一概念是基于福建省政府“清新福建”战略需求,在科学严谨的学术成果基础上提出的,通过负氧离子浓度的预报来实现清新指数的预报,在气象条件贡献率研究的基础上,基于气象条件对负氧离子浓度的权重赋值建立晴天、雨天清新指数预报模型。预报模型建立后,每天利用最临近的 48 小时的小时实况气象数据对回归方程进行一次循环订正,不断滚动更新模型参数,得到最终的动态预报模型,实现对清新指数的精准预报。

1.4.3 JavaEE 技术

系统接口服务采用当今主流的 JavaEE 技术^[13-14],为搭建具有可伸缩性、灵活性、易维护性的系统提供良好的机制。JavaEE 可以使用多种框架来使开发变得简单,目前比较常见的框架组合有 SSH 和 SSM。本系统采用 SSM 框架,即 Spring+Spring MVC+MyBatis,其中 Spring 依赖注入 DI 来管理各层的组件,使用面向切面编程 AOP 管理事物、日志、权限等;SpringMVC 接收外部请求,进行分发和处理;Mybatis 是基于 jdbc 的框架,主要用来操作数据库,并且将业务实体和数据表联系起来。支持 JavaEE 的应用服务器有 IBM WebSphere Application Server、Oracle Weblogic Server、JBoss、Oracle Application Server 等。

1.4.4 Web 服务应用集成技术

Web 服务作为分布式的计算技术,在 Internet 或者 Intranet 上通过标准的 XML 协议和信息格式来发布和访问商业应用服务^[15-16]。使用 Web 服务,可以在 Web 站点放置可编程的元素,发布能满足特定功能的在线应用服务,其他组织可以通过 Internet 来访问并使用这种在线服务。

Web 服务的逐渐成熟化为 SOA 以及业务应用集成提供了技术支持,最大的优势和特点就是拥有切实意义上的平台和语言的独立性。本系统将开放的业务功能封装为 Web 服务的方式,符合 SOA 架构,支持部署 Web 服务,对 WS-Security 标准提供支持^[17]。并完

全实现对 UDDI、WSDL、SOAP 等技术的支持,支持使用 SOAP 与其他系统及 EAI 平台实现互操作。

2 系统功能设计和应用

2.1 系统功能模块设计

2.1.1 数据预处理模块

提供负氧离子、气象监测要素异常值识别报警功能,并提供几种常用的缺失值插补方法,将数据插补成完整的数据。

2.1.2 数据分析模块

数据分析模块的功能包括对指定站点特定时间段内的负氧离子、气象要素监测值进行统计分析:

(1)实现对特定时间段(逐时、逐日、逐月、逐年)平均值、最大值、最小值的计算功能;以图表形式进行展示,图表的可视化选项包括折线图、柱状图、散点图等常用图型,以及对图表进行个性化编辑及输出。

(2)利用 GIS 相关算法技术^[18],自动生成全省各市县负氧离子浓度值、“清新指数”分布图。

(3)计算并输出气象要素对负氧离子浓度变化的贡献度情况。

2.1.3 综合信息展示模块

综合信息展示模块基于 WebGIS 技术^[19-20]进行开发,功能包括展示气象要素与负氧离子监测值关联关系,发布与展示“清新指数”实况与预报产品,模块接入全省旅游气象服务平台进行系统权限管理和数据监控。

2.2 系统功能结构和应用

清新福建气象条件贡献率评价指标系统从 5 方面对系统进行了功能建设,包括:首页、一张图、数据分析、“清新指数”、系统管理。

2.2.1 首 页

系统平台采用省、市、县三级管理模式。用户进入登录模块,输入用户名、密码、验证码登录平台后即可进入首页(见图 4)。首页以系统可视化视图展示全省“清新指数”分布情况。包含负氧离子监测信息、“清新指数”等级分布情况、监测站点设备运行情况。

在首页左上角展示全省站点负氧离子监测实况排名 top3;页面左侧通过雷达图查看各气象要素对于负氧离子浓度的影响,展示气象要素对负离子浓度变化贡献关联度;页面左下角根据用户权限,展示监测设备的运行情况(正常、异常、离线)。在地图上展示负氧离子监测的实况(跟系统设置中的规则挂钩)及对应的清新等级。鼠标悬浮可查看到相应内容。首页右侧可对 3A、4A、5A 不同级别景区站点进行筛选。在首页滚动发布未来 3 小时*8 的清新指数预报,并提供清新站详情 3 秒轮播信息。



图 4 系统首页

2.2.2 一张图

本模块支持在地图上查询各监测站的详情信息、清新状况、气象实况信息和告警信息。用过去七天走势图来展示站点气象要素变化,以图表形式展示各站点负氧离子浓度实况监测记录,以数值形式展示各气象要素监测数据,包括气压、温度、雨量等(见图5)。

在界面右侧展示站点信息列表,包含监测站点运行状态、清新状况等信息;监测站点列表包含实时监测清新状况、1小时均值和24小时均值。同时支持站点的地图测距功能和通过站点名称进行站点搜索,支持用户按距离查看清新站周边1~10公里自动站详情。



图 5 一张图模块

2.2.3 数据分析

数据分析模块展示各站点设备运行情况、过去24小时负氧离子浓度变化走势图、各气象要素和负氧离子浓度关联度变化曲线分析图等。清新指数等级分支特色斑图或散点图展示,负氧离子浓度以仪表盘形式展现。关联度分析功能用柱状图展示一定范围内气象要素和负氧离子的关联度。以上功能均支持下载及导出功能。

2.2.4 清新指数

新指数模块为景区清新指数等级预报制作与发布模块,展示各景区详细信息及“清新指数”等级,提供景区过去15天的清新指数信息列表。系统平台可根据模型计算出各景区未来24小时的“清新指数”(逐3小时)提供给用户,将预报值、预报产品输出到景区LED显示屏及影视节目播报。

2.2.5 系统管理

系统管理模块主要是用户系统管理员对系统相关配置信息进行设置,包含站点管理、用户管理、角色管理等。配置管理模块包含“清新指数”对应负氧离子日峰值及小时峰值指标切换设置、“清新指数”等级与负氧离子浓度阈值设置、缺失值插补配置、短信通知配置4个系统相关配置。

3 平台应用效果分析

本系统在完成12个景区布点并稳定采集一年数据的基础上,分析负氧离子浓度与气象条件之间的关系,选取温度、湿度、能见度、风、雨量等气象要素,采用线性回归方法建立了清新指数晴天、雨天预测模型,完成“清新福建”旅游气象服务系统基本框架研发,利用一张图显示12个景区的实况监测,数据分析、等级预

报,并通过福建综合频道《全省天气预报》节目、中国海峡频道、中国天气网福建频道、福建气象服务网等媒体宣传展示(见图6),利用“知天气”手机客户端24小时实时在线展现播出,通过在武夷山、太姥山、泰宁风景区等5A级景区入口处和游客中心布设LED显示大屏,实现景区清新指数和天气实况的实时发布。

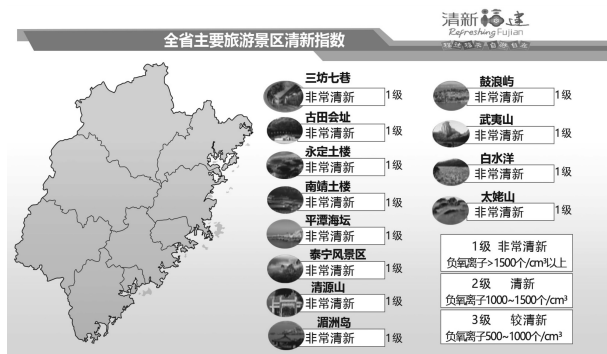


图6 福建综合频道播出景区清新指数预报

“清新指数”产品制作发布与品牌宣传效果良好,以科学量化的数据支撑“清新福建—全福游,有全福”的品牌宣传,得到中国旅游研究院和中国气象局公共气象服务中心的多位专家、福建省地方政府领导和社会公众的认可。

4 结束语

“清新福建”是福建的旅游品牌发展战略,该文以智慧气象助力生态保护与旅游事业发展为目标,设计开发了清新福建气象条件贡献率评价指标系统。使用科学方法对观测数据进行处理,体现不同时间尺度内负氧离子浓度与各气象要素的关联程度和贡献率,建立了“清新指数”预报模型,实现了“清新指数”预报功能,推动“清新指数”旅游气象服务产品的标准化发布和业务化运行,为“清新福建”品牌的全面开发与推广、运营提供科学依据,助力福建省生态文明和现代化旅游事业的发展。

系统具有负氧离子浓度监测、数据分析、数据可视化展示、“清新指数”预报、系统管理等功能设计,数据类型多、数据量大、功能多,具有较高的效率性、稳定性、可靠性和可扩展性,具备硬件设备运行情况监测及异常状态报警等重要功能。系统的功能设定通俗易懂,UI视觉效果美观,操作简单,符合气象业务人员的使用习惯。自投入业务应用以来,系统运行稳定、状况良好,能够为景区管理员提供准确、及时、点对点的精细化气象服务,有效提升福建省旅游气象专业服务能力。

参考文献:

[1] 翁文静,卢芸芸,李剑刚. 加快推进福建生态气象建设重点问题思考[J]. 福建热作科技, 2020, 45(1): 68-72.

[2] 国务院:《关于支持福建省深入实施生态省战略加快生态文明先行示范区建设的若干意见》[J]. 福建质量管理, 2014(5): 6-10.

[3] 福建:发布“清新指数”展现生态优势[J]. 城市规划通讯, 2014(7): 14.

[4] CHUI T C Y, SIUTA D, WEST G, et al. On producing reliable and affordable numerical weather forecasts on public cloud-computing infrastructure[J]. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 2019, 36(3): 491-509.

[5] SHI Xingjian, CHEN Zhouong, WANG Hao, et al. Convolutional LSTM network: a machine learning approach for precipitation nowcasting[J]. NIPS, 2015(7): 1-11.

[6] 张振涛, 张正文, 陈宇, 等. 基于天气事件的公共气象服务产品制作系统[J]. 应用气象学报, 2014, 25(2): 249-256.

[7] DAVIS C, ALDRIDGE H, BOYLES R, et al. Visually communicating future climate in a web environment[J]. Weather, Climate, and Society, 2020, 12(4): 877-896.

[8] 李丽, 李国毅, 彭霖霖, 等. 韶关市旅游气象信息服务平台的建设与应用[J]. 广东气象, 2019, 41(6): 73-76.

[9] 袁迎蕾, 陈亮, 李长顺. 海南全域旅游气象服务微信平台设计[J]. 计算机技术与发展, 2020, 30(3): 172-176.

[10] 姜淦, 王茹琳, 王同利, 等. 基于Android的自驾游天气手机应用的设计与实现[J]. 气象科技, 2018, 46(3): 509-514.

[11] 丁国香, 刘安平, 刘承晓, 等. 安徽省山岳型景区旅游气象服务业务系统[J]. 南京信息工程大学学报, 2016, 8(1): 71-75.

[12] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法(第三版)[M]. 北京: 气象出版社, 2004: 90-109.

[13] 林萍, 朱婵. 基于Ajax技术和JAVAJEE的分页查询优化[J]. 计算机系统应用, 2017, 26(8): 184-189.

[14] VIDA KOVIC M, MILOSAVLJEVIC B, KONJOVIC Z, et al. Extensible Java EE-based agent framework and its application on distributed library catalogues[J]. Computer Science and Information Systems, 2009, 6(2): 1-28.

[15] 邓水光, 黄龙涛, 尹建伟, 等. Web服务组合技术框架及其研究进展[J]. 计算机集成制造系统, 2011, 17(2): 404-412.

[16] 吕梁, 胡永亮, 肖云. 基于移动互联网的WebService开发设计[J]. 电子技术与软件工程, 2015(8): 28-30.

[17] 赵青松, 徐涛, 姜海燕. 基于SOA和WebGIS的作物种植制度设计服务系统[J]. 计算机与应用化学, 2014, 31(6): 755-759.

[18] 王新宇, 黄鹏程. 基于GIS的气象要素插值方法比较研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2020, 43(5): 167-170.

[19] KUANG Tianqi, DU Jinglong, ZHANG Weiwei. Simulation of water pollution diffusion based on WebGIS[J]. Journal of Computer and Communications, 2019, 7: 28-38.

[20] 魏佳楠, 吴勇, 林华剑, 等. 基于WebGIS的自然资源“一张图”管理信息系统设计与实现[J]. 计算机应用与软件, 2020, 37(9): 20-26.