

杨有林,陈海波,王建林,等,2018.宁夏智能化综合气象业务服务共享管理平台设计与实现[J].气象,44(7):961-968.

宁夏智能化综合气象业务服务共享管理平台设计与实现*

杨有林^{1,2} 陈海波¹ 王建林¹ 杨侃^{1,3} 卫建国^{1,2} 马宁^{1,2} 李新庆^{1,2}

1 中国气象局旱区特色农业气象灾害监测预警与风险管理重点实验室,银川 750002

2 宁夏气象信息中心,银川 750002

3 宁夏气象台,银川 750002

提 要: 文章按照标准化、集约化、智能化的理念,基于云端部署技术,提出了宁夏智能化综合气象业务服务共享管理平台的设计思路和总体架构,建设了宁夏气象基础数据库、业务产品库、服务产品库,构建了业务产品自动化生成系统、服务产品智能化制作系统、服务信息智慧型发布系统和信息共享与管理系统。通过数据存储、数据服务接口、数据资源管理、数据加工流程的标准化,设计了以标准化体系为基础的集约化数据环境。通过数据环境集约和业务系统集约,设计了以数据驱动为特征的集约化产品加工系统,形成统一的数据加工流水线。突出智能化要求,设计了以智能化为目标的数据分析算法和智能化系统运行控制,并在业务产品自动化生成、服务产品智能化制作、服务信息智慧型发布方面进行了探索。平台设计理念先进,技术前沿,流程简洁,功能完备,运行高效,充分体现了数据资源标准化、业务系统集约化和计算运行智能化的要求,平台的开发建设将极大地推进宁夏气象现代化进程,对于发展智慧气象具有重要的参考价值。

关键词: 气象,数据环境,应用系统,智能化

中图分类号: P412

文献标志码: A

DOI: 10.7519/j.issn.1000-0526.2018.07.012

Design and Implementation of Ningxia Intelligent Integrated Meteorological Business Service Sharing Management Platform

YANG Youlin^{1,2} CHEN Haibo¹ WANG Jianlin¹ YANG Kan^{1,3}
WEI Jianguo^{1,2} MA Ning^{1,2} LI Xinqing^{1,2}

1 Key Laboratory for Meteorological Disaster Monitoring and Early Warning and Risk Management of Characteristic Agriculture in Arid Regions, CMA, Yinchuan 750002

2 Ningxia Meteorological Information Center, Yinchuan 750002

3 Ningxia Meteorological Observatory, Yinchuan 750002

Abstract: Using standardization, intensification, intelligence concepts, this paper presents the design idea and overall structure of Ningxia Intelligent Integrated Meteorological Service Sharing Management Platform (NXIIMSSMP) based on the cloud deployment technology, and builds the Ningxia meteorological basic database, operational product database, service product database, as well as the automation generation system of operational products, intelligent production system of service products, intelligent publishing system of service information and information sharing and management system. The design of standardization system based on intensive data environments is given by means of storage standardization, standardization of data service interface, standardization of data resource management, and standardization

* 中国气象局旱区特色农业气象灾害监测预警与风险管理重点实验室科研项目(CAMM-201713)资助

2017年10月9日收稿; 2018年1月1日收修定稿

第一作者:杨有林,主要从事天气预报业务和信息化技术研究与应用工作. Email:nx_yyl@163.com

通信作者:王建林,主要从事气象业务管理与应用研究工作. Email:wangjl@cma.gov.cn

of data processing process. Through the operation system intensification and data intensification, a data-driven intensive system is designed to form a unified data processing pipeline. The intelligent requirements are emphasized in NXIIMSSMP. Meanwhile, the intelligent data analysis algorithm and system operation control are designed. In addition, we are exploring some methods of operational product automation processing, intelligent production of service products, and intelligent release in this system. The platform design concept is advanced. With frontier technology, concise procedural flow, complete function, and efficient operation, it fully embodies the requirements of standardization of data resources, intensive operation system and intelligent calculation. The development and construction of this platform would greatly promote the meteorological modernization process in Ningxia Hui Autonomous Region, and also the development of intelligent meteorology.

Key words: meteorology, data environment, application system, intelligent

引言

信息化是当今世界经济社会发展的重大趋势。以互联网化、移动化、智能化为特征的信息技术创新应用,正在推动新一轮科技革命和产业变革。全球信息化已经进入全面渗透、跨界融合、加速创新和引领发展的新阶段。2008年IBM提出“智慧地球”战略以来,互联网+物联网+各行各业的信息技术应用得到重视(许晔等,2010),云计算、大数据等新技术不断提升智能运算与数据挖掘能力。以“云、大、物、移、智”新技术为核心的信息化新技术日益成为驱动创新发展的先导力量,从“智慧地球”发展引伸而来的“智慧城市”理念在我国城市信息化建设中得到广泛应用(许庆瑞等,2012),智慧交通、智慧医疗、智慧教育、智慧物流、智慧旅游等信息技术应用逐步渗透到社会服务的各个角落(苏颖和樊重俊,2016;杜鹏和杨蕾,2013),正在改变着人类的思维、生产、生活、工作和学习方式。建立国家互联网大数据平台,构建统一高效、互联互通、安全可靠的国家数据资源体系;构建农业资源要素数据共享平台,促进农业环境、气象、生态等信息共享,已成为国家信息化发展战略的重要任务。“以信息化驱动气象现代化,建设智慧气象”是气象行业落实国家信息化发展战略的重要举措。

近年来,气象领域信息化新技术应用和研究越来越得到重视。沈文海(2015a;2015c)提出了从战略角度进行信息化规划,促使新一代信息技术和理念向业务领域渗透,将智能化植入传统业务系统,加快构成智慧化的业务体系,开发智能化的业务平台和服务产品,提升信息服务能力的气象信息化转型发展思路。李社宏(2014)、王垒(2016)、王娟等

(2016)和李集明等(2006)在气象大数据应用研究、气象云计算平台设计方面进行了探讨。为满足对海量气象数据管理和需求,国家气象信息中心设计开发了全国综合气象信息共享系统(China Integrated Meteorological Information Service System, CIMISS)(熊安元等,2015;杨润芝等,2012),建成了国省统一的气象数据环境,并投入全国气象业务服务应用。曹勇等(2016)利用主客观融合降水反演、降水统计降尺度、降水时间拆分等技术构建了自动化运行的国家级格点化定量降水预报系统,焦圣明等(2017)综合运用 SOA 技术、数据库技术、GIS 技术、高效可视化渲染技术等开展灾害性天气个例库智能分析系统设计,在业务应用系统智能化方面进行了实践。同时,在智能预报(黄小燕和金龙,2013;熊敏谄,2017)、平台开发(胡争光等,2014)、探测设备运行监控(梁海河等,2011)、观测数据质量控制(任芝花等,2015)和公共服务产品制作(张振涛等,2014)等业务应用领域的自动化、智能化方面进行了研究和实践,为利用信息化新技术推动气象现代化建设打下了基础。新时代,面对人民群众日益增长的气象服务需求,气象业务、服务、管理呈现出对气象服务精准度和时效要求越来越高,服务对象覆盖面越来越广,特色服务和个性化服务需求增长越来越快,服务产品种类越来越多,分类越来越细的特点,传统的人工制作和人机交互制作业务服务产品已无法满足需求增长。如何利用现代信息化新技术,以智慧气象为标志,构建充分整合、互联互通、协同运作、智慧智能的气象业务平台(沈文海,2015b),提高气象业务产品、服务产品加工和信息发布服务的能力,满足行业内部业务工作需要和社会公众气象信息服务需求,促进业务运行的高效率、气象服务的高效益、管理决策高效能,仍然是气象业

务服务发展亟需解决的问题。

本文在中国气象局《气象信息化行动方案(2015—2016年)》《气象信息化发展规划(2016—2020年)》的框架下,借鉴国内气象信息化建设成功经验,结合信息技术发展趋势和宁夏气象信息化现状,提出了宁夏智能化综合气象业务服务共享管理平台架构,在业务流程集约化、服务产品个性化、数据分析和产品加工智能化、信息发布智慧化、业务管理自动化方面进行了探索,旨在充分利用信息化新技术解决气象业务、服务、管理工作中面临的新问题新要求,推进宁夏气象现代化建设。

1 总体设计思路

按照中国气象局大力发展“智慧气象”和宁夏回族自治区推进“智慧宁夏”建设的战略部署,充分利用云计算、大数据、物联网、移动互联网和机器智能等现代信息技术,推进信息技术与气象业务的深度融合,构建气象信息标准规范、业务集约智能、服务普惠个性、管理协同精细的宁夏智能化综合气象业务服务共享管理平台,推进气象工作向标准化、集约化、智能化方向发展,为气象业务、服务、管理注入更多“智慧”元素。

标准化:设计统一规范的数据格式标准、业务产品标准、服务产品标准、用户信息、分析算法标准,以及数据接口标准和信息流监控标准等,实现各类信息充分共享、高度协同和全面融合。

集约化:以标准化为基础,以气象基础数据库、业务产品库和服务产品库为纽带,将基础数据分析应用、天气业务、气候业务、农业气象业务、专业气象业务、气象信息发布等系统和业务管理整合在一个平台上,实现气象综合业务服务共享管理的高度融合。

智能化:以现代信息技术为支撑,根据智能化系统的特征,设计实现基础数据挖掘应用、业务产品自动生成、服务产品智能制作、服务信息智慧发布,以及信息流自动监控和管理信息自动采集等功能。

2 平台总体架构

宁夏智能化综合气象业务服务共享管理平台(Ningxia Intelligent Integrated Meteorological Service Sharing Management Platform, NXIIMSSMP)按照“331”的功能布局(即建设基础数据库、业务产品库、

服务产品库3个数据库;建设业务产品自动生成系统、服务产品智能制作系统和服务信息智慧发布系统3类智能化系统;建设1个统一共用的综合气象信息共享与管理系统)和“标准化、集约化、智能化”的原则设计构建。平台从信息技术云平台结构角度分层为基础设施资源层、数据环境层和应用软件层。

基础设施资源层是支撑 NXIIMSSMP 运行的物理承载基础,由众多服务器、网络设备和存储设备通过虚拟化技术构建,包括虚拟化计算资源、虚拟化存储资源、虚拟化网络资源。基础设施资源层可根据数据环境层和应用软件层的资源需求,充分利用虚拟化技术动态管理和分配资源,实现资源的统一管理和集约高效(赵立成等,2016)。

数据环境层包含宁夏气象综合数据库、数据分析挖掘算法库、标准化数据接口三个部分。宁夏气象综合数据库以 CIMISS 系统数据库为基础,扩展建设基础数据库,气象业务产品库、气象服务产品库和 Cassandra 分布式文件系统,与已建的 Oracle、MySQL 数据库共同形成宁夏气象业务、服务和标准统一、集约共用的气象综合数据库(CIMISS-NX)。其中,业务产品库和服务产品库是气象综合数据库的核心,其数据产品由综合气象业务产品自动生成系统和综合气象服务产品智能化制作系统按照各专业技术流程、业务规范和服务需求,从基础数据智能化加工产生。数据分析挖掘算法库以气象数据统计加工算法为基础,扩展宁夏气象业务特色数据统计算法、智能网格产品插值算法、气象业务指标指数算法、模型算法、图形产品加工算法等,将所有的数据分析挖掘算法开发为标准统一的算法服务 API 接口,为数据产品加工服务和应用软件层各专业智能化应用系统提供数据分析挖掘算法服务。标准化数据接口以国省统一的 MUSIC 数据接口为核心,扩展开发宁夏本地业务服务产品数据接口,形成统一的气象综合数据库数据访问接口,为各业务系统之间数据交换和信息共享提供支持。

应用软件层由自动化气象业务产品生成系统、智能化气象服务产品制作系统、智慧型综合气象信息发布系统和综合气象信息共享与管理系统组成。主要功能:(1)基于各专业技术流程、业务规范和服务需求,实现天气、气候、农业气象、专业气象业务等业务产品的自动化生成和服务产品的智能化制作(包括按行政区划的区、市、县三级产品)。(2)基于综合气象服务产品库,实现满足用户个性化需求和不同接收方式的气象服务产品智慧型发布。(3)

基于业务产品库、服务产品库以及系统运行监控信息等各类信息流,实现综合气象信息共享、数据全流程和自动化管理。平台总体架构见图 1。

3 平台核心功能设计

3.1 以数据驱动为引擎的集约化业务系统设计

NXIIMSSMP 以综合数据库(基础数据库、业务产品库、服务产品库)为核心,以标准化、规范化、集约化的数据流程为主线,实现各专业系统松散耦合和有效衔接。各专业业务、服务产品加工制作系统通过标准化数据接口从基础数据库中读取标准化的数据,并将生成的标准化业务产品、服务产品分别写入业务产品库和服务产品库,实现各类信息的统一管理和共享。

基础数据库从本地观测系统数据源、CIMISS

系统数据源和互联网系统数据源获取数据,完成数据汇集、解析、格式转换和数据入库。各专业业务产品自动化生成系统从基础数据库获取基础信息数据,按照各专业技术流程、业务规范,生成站点数据产品、格点数据产品和图形、图表产品等业务产品,并写入综合业务产品库。各专业服务产品智能化制作系统从综合业务产品库获取服务需要的业务产品,依据服务产品模板、专家知识等,智能制作各类服务产品,经值班人员审核后,写入综合服务产品库。综合服务信息智慧型发布系统从综合服务产品库智能检索待发布的服务产品,通过智能诊断服务产品的受众范围、发布渠道,由发布系统自动完成产品发布。综合气象信息共享与管理信息系统从综合数据库获取气象信息数据,面向内部业务用户和管理用户需求,实现基础数据、业务产品、服务产品和监控信息的共享。平台流程见图 2。

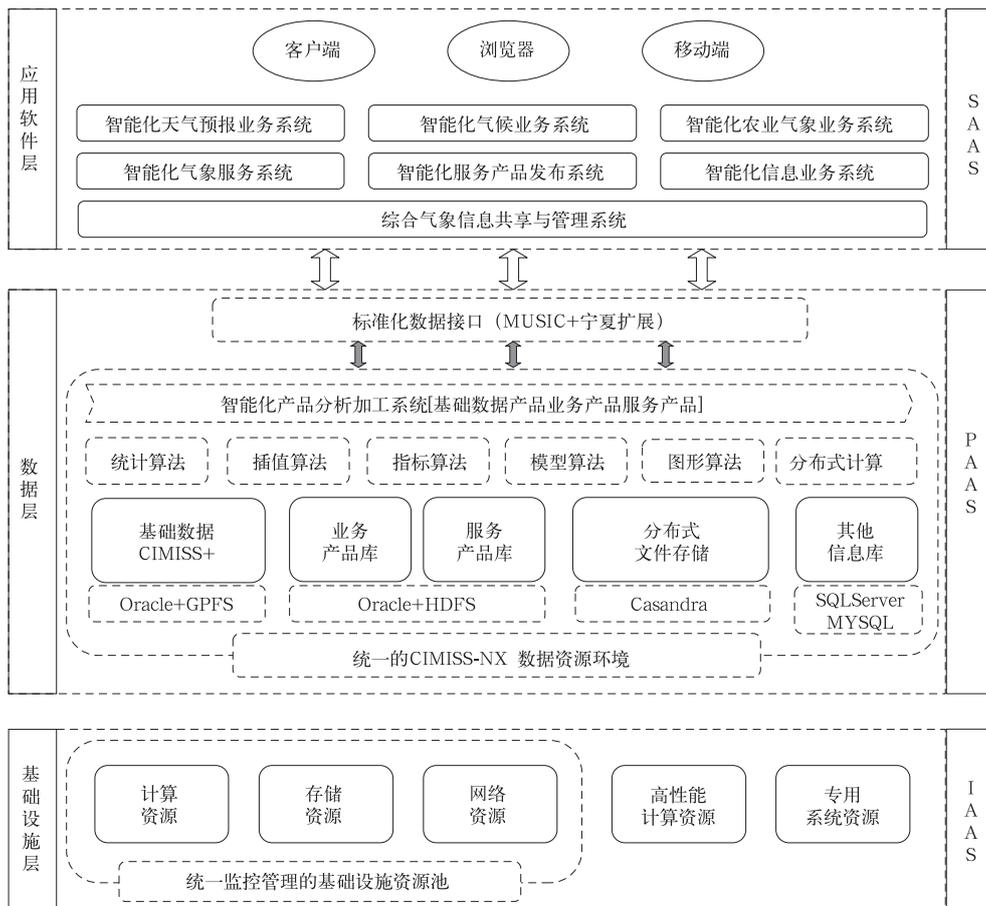


图 1 宁夏智能化综合气象业务服务共享管理平台总体架构

Fig. 1 Architecture of NXIIMSSMP

3.2 以数据为核心的标准化体系设计

以 CIMISS 系统标准化体系为基础,参照中国气象局《气象信息化标准体系建设指南》和行业数据标准体系,按照数据存储、数据接口、数据资源管理和数据分析挖掘的标准化的技术思路,构建以数据为核心覆盖全面的标准体系。

数据存储:以 CIMISS 系统数据标准体系为基础,建立了宁夏气象综合数据库新增数据的数据集、存储结构、元数据、数据元和数据格式的标准,确保数据存储兼容 CIMISS 原有技术框架和标准,支持地方特色的数据产品按标准扩展。

数据接口:按照 MUSIC 数据接口标准,综合考虑数据获取(读)、产品加工(写)、信息安全、资源监控、业务管理等环节因素,设计支持数据操作、权限分配、全程留痕的标准化数据接口,为数据汇集、调用和共享服务提供统一的支持(熊安元等,2015)。

数据管理:设计统一的数据资源管理系统,实现对综合数据库数据资源、数据汇集、数据接口、用户权限的有效管理、配置和监控等(沈文海,2017)。在数据分析挖掘方面,设计统一的基础数据和业务产品分析加工系统,集约整合各专业传统业务系统的数据加工任务,将特色业务应用的数据加工需求,转化为多种服务类型(数据分析、统计计算、数据图形化、数据转换等服务),利用统一共用的计算资源,智

能化完成业务应用部分的数据分析挖掘和产品加工任务,实现数据的标准化、集约化和智能化加工处理。

数据环境:根据“智能化综合气象业务服务共享管理平台”的设计思路和“331”建设工程的总体架构,在 CIMISS 统一数据环境基础上,整合扩展了本地特色气象观测数据和气象统计加工要素 5832 个,业务产品 403 种、服务产品 448 种,建设基于 Oracle 集群和 Hadoop(肖卫青等,2015)分布式存储混合架构的宁夏气象综合数据库。建成兼容 CIMISS 原有技术框架和标准,支持地方特色的数据产品按标准扩展,集“数据汇聚、数据存储、数据管理、数据加工、数据服务”一体化的宁夏气象大数据平台,为气象业务、服务和管理提供高效的数据库存储架构和集约统一的数据资源环境。

3.3 智能化运行控制系统设计

智能化系统的核心功能是按照气象业务服务需求智能化、自动化完成一系列业务、服务产品加工制作任务,系统中每天有大量的后台任务需要智能化调度执行。因此,要求系统具备高可用性、高稳定性、易维护性和负载均衡特性,可以管理并监控任务的执行流程,以保证任务的正确执行。智能化系统运行控制设计采用了分布式任务调度框架,统一解决智能化任务调度问题。

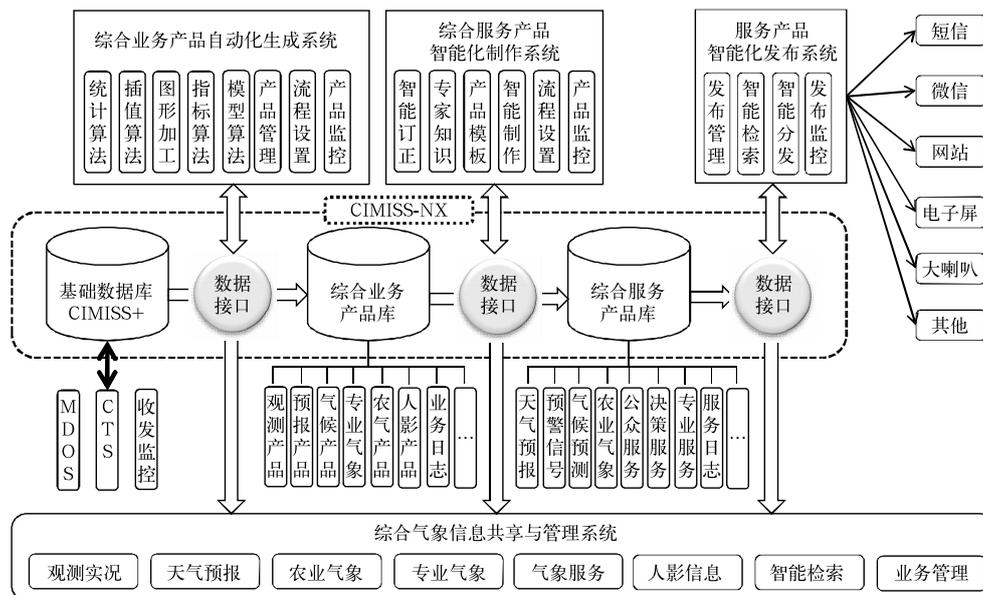


图 2 宁夏智能化综合气象业务服务共享管理平台流程图

Fig. 2 Flow chart of NXIIMSSMP

3.3.1 智能化任务调度流程设计

智能化系统各类数据产品加工制作任务由统一的任务调度系统完成(季永华等,2017)。任务调度系统在系统启动时读取各类任务的配置信息,运行过程中根据任务启动条件智能感知启动任务,并将任务分配到空闲的处理节点,处理节点根据任务的配置属性启动任务,完成自动化数据加工、智能化产品制作等任务。任务调度处理是一个循环往复的过程,其流程见图 3。

3.3.2 任务执行流程设计

任务处理过程由各任务处理节点完成,所有任务处理过程均可分解为启动任务、准备数据、执行任务、输出产品四个环节(图 4)。启动任务环节其处理节点根据任务调度系统消息自动感知触发启动任务,读取任务配置信息;数据准备环节根据任务配置信息所定义的数据源从 CIMISS-NX 数据库读取数据,并根据任务配置信息所定义的算法数据输入要求进行数据格式转换;数据分析环节根据任务配置信息所定义的算法模型调用算法服务进行数据分析计算;产品输出环节将数据分析的结果按任务配置信息所定义的数据输出类型进行数据格式转换,将数据产品按格式要求写回 CIMISS-NX 数据库(业务产品库或服务产品库);结束任务环节生成任务执行情况记录,写入日志库,同时向任务调度系统发送消息并结束任务。

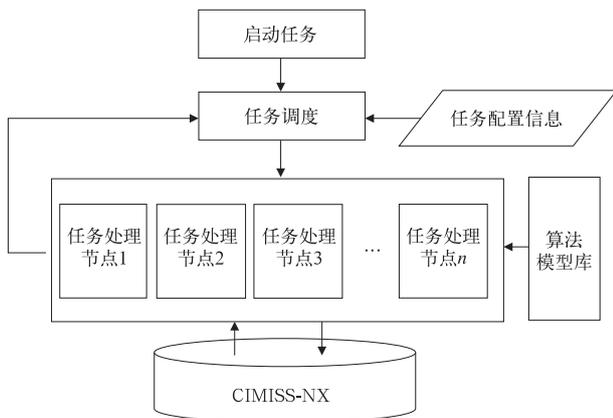


图 3 智能化系统任务调度处理流程

Fig. 3 Task scheduling process intelligent system



图 4 智能化任务执行流程图

Fig. 4 Flow chart of intelligent task execution

3.3.3 任务调度管理框架设计

Quartz 是一个由 Java 编写的功能强大的定时任务调度框架,使用 Quartz 管理和调度任务,可使系统具备高可用、负载均衡、智能调度等特性。Spring 是一个轻量级的 Java 容器框架,具有方便解耦,简化开发,支持 AOP 编程、支持声明式事务等特点。智能化系统任务调度框架采用 Quartz 集成 Spring 实现,选择 Quartz 进行整体任务调度架构设计,利用 Spring MVC 提供的机制,实现从配置文件读取任务运行所需要的信息,包括:数据源、写入源、算法模型等,便于后期任务调整和修改,实现定时任务(时间触发)和非定时任务(事件触发、流程触发)的管理和调度,使系统更具灵活性和可维护性。Quartz 智能化任务调度流程见图 5。

4 平台实现技术

4.1 数据库技术

数据库设计上根据系统数据存储和访问需求,采用 MySQL 数据库、Oracle 数据库+Hadoop 分布式文件系统(HDFS),分别存储系统数据和气象数据。结构化数据存储采用 Oracle 数据库存储,保持与原有 CIMISS 系统的一致性,非结构化数据采用基于 Hadoop 框架的大数据应用环境,通过配置方式实现数据接入,通过数据流水线实现数据加工处

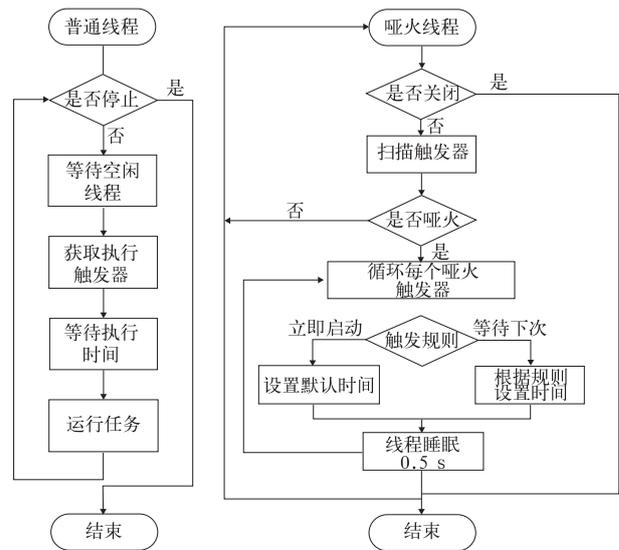


图 5 Quartz 任务调度流程图

Fig. 5 Flow chart of task scheduling algorithm for Quartz

理和多元异构数据接入,通过调用算法服务实现海量(PB级)数据的检索和分析,如统计加工、距平、相关分析等应用。采用 Oracle+Hadoop 分布式文件系统实现快速检索、响应和管理。

4.2 SOA 集成开发技术

采用基于 SOA(面向服务的体系结构)架构,具有“低耦合,高类聚”的特性(董迎玺,2008),将业务逻辑和数据处理方式构件化、服务化、中间件化,并可按照模块化和中间件的方式来添加新服务或更新现有服务,搭建新的业务系统。并且可把现有的应用系统作为服务,进行集成,从而保护了现有 IT 基础建设投资。系统采用基于 J2EE、Eclipse、Ext2、Seam、Tuscany、Hibernate、JPBM、JReport 等开放的技术架构,遵循 SOA 架构和标准规范,提供构件化、可配置、可视化、一体化的软件开发技术,支撑信息化应用软件完整的覆盖 SOA 应用全生命周期的设计、开发、调试和部署,支持业务系统的运行、维护、管控和治理。

4.3 业务流程中间件技术

业务流程中间件实现对业务流程整个生命周期的管理,包括:业务流程的定义、测试验证、部署、运行、监控、管理和业务化定制调整。平台采用 JBPM 工作流引擎作为整个系统的流程管理引擎,实现流程的自定义和发布。消息中间件作为整个平台公共通信总线,扮演实体(功能、模块、服务、主机)之间信息收发的“中转站”角色,实现消息发送、接收和配置管理功能。支持消息群发、广播、订阅和点对点发送。

4.4 WebGIS 技术

基于 WebGIS 技术,采用格点、等值线、雷达、距平等图形,结合色标图例,在 GIS 地图上进行气象要素的可视化展示(任永功和于戈,2004),呈现数据和产品分析结果。利用 GIS 技术开展后台图形化产品加工制作。

4.5 数据可视化技术

数据可视化与可视化分析能够迅速和有效地简化数据分析任务,辅助用户交互式筛选大量数据,有助于使用者更快地从复杂数据中发现规律,是了解复杂数据、开展深入分析不可或缺的重要手段。数据展示技术通过多种数据可视化展现工具,使每一个应用都可以利用各种类型的可视化元素为载体进

行满足业务需求的复杂数据结果展示。支持直接从数据生成图形图表,包括:饼图、柱状图、线图、散点图、条形图、区域图、地图、气泡图、漏斗图、树状图、图状态、仪表盘、混合图、热力图、等值线、等值面、色斑图、距平图、条形图等。

4.6 智能化技术

智能化技术是由任务梳理、任务流程化、软件实现三个环节组成。任务梳理环节是将业务任务分解为若干相互嵌套或流程化的基本任务单元,将每一项基本任务单元从系统感知(任务启动)、记忆(数据准备)、思维(数据分析)、决策(结果输出)、学习(结果与记忆对比,更新记忆)五个方面梳理任务执行过程,形成任务框图。任务流程化环节根据任务框图,绘制任务执行过程流程图。软件实现环节在任务执行过程流程图的基础上,通过计算机语言编程实现自动运行并完成任务的智能化系统。

4.7 数据分析挖掘算法设计

数据分析挖掘是气象业务系统实现数据加工和产品制作自动化智能化的核心。系统设计中将所有数据分析挖掘算法开发成算法服务 API 接口,归并到数据环境算法服务中,为用户业务应用系统提供数据分析挖掘服务。主要数据挖掘算法包括统计算法、插值算法、专业决策模型算法(神经网络模型、统计模型、专家模型、指标模型等)等,统计算法以中国气象局气象数据统计加工算法业务规定为主,根据业务需求,扩展宁夏气象业务特色数据统计算法、智能网格产品插值算法、气象业务指标指数算法、各种专业模型算法和图形产品加工算法等。

5 平台实现

根据 NXIIMSSMP 设计理念,组织开展了数据环境建设和部分智能化业务系统开发。目前,宁夏气象综合数据库(CIMISS-NX)已上线运行,同时完成了数据资源管理、接口服务、部分数据算法服务功能开发,实现了气象基础数据、业务产品、服务产品全覆盖和数据库访问接口服务全覆盖,为各业务系统互连互通奠定了基础。自动化基础数据分析应用系统以智能化数据加工任务调度为核心,设计了统一的数据加工流水线,实现了基础观测数据日、候、旬、月、季、年要素值统计、气候值统计、精细网格化实况产品加工、分行政区域(区、市、县)的要素图形化产品加工和雷达卫星观测数据图形产品加工,系

统已上线运行。智能化天气预报业务系统基于智能网格预报订正模型实现 1 和 5 km 分辨率精细化格点预报智能化订正和发布功能,已投入业务试用。智能化农业气象业务系统基于指标分析、智能决策、专家知识、产品模板实现了 5 大类 84 种业务产品自动化制作及 197 种服务产品智能化制作生成。智能化公共气象服务产品发布系统实现了与 CIMISS-NX 的对接和服务产品的智能化检索和分发,可通过网站、声讯、短信、微信、APP 等方式向用户提供个性化服务,提高了气象服务信息的发布效率和精准、普惠服务水平。

6 结 论

(1) 平台设计贯彻“标准化、集约化、智能化”理念,提出了宁夏智能化综合气象业务服务共享管理平台的设计思路、总体架构,突出了数据环境标准化、集约化,产品加工集约化、智能化,应用系统智能化。

(2) 平台设计突出标准化要求,基于气象行业数据标准化体系,构建了宁夏气象综合数据库,通过数据存储、数据服务接口、数据资源管理、数据加工流程的标准化,完成了数据资源整合,建成了标准集约统一的数据资源环境。

(3) 数据环境建设以气象综合数据库、数据接入、资源管理服务、数据加工服务、数据接口服务等功能设计为核心,实现了基于 CIMISS 国省统一数据环境的宁夏本地数据资源扩展,为气象数据资源管理、数据服务、数据安全监控和云数据平台建设打下了基础。

(4) 平台设计充分体现了集约化要求,通过业务系统集约和数据集约,设计了以数据驱动为特征的集约化系统,形成统一的数据加工流水线,实现了业务流程再造,提高了业务运行效率。

(5) 平台设计突出智能化要求,给出了以智能化为目标的运行和算法设计。从具有感知能力、记忆思维能力、行为决策能力、学习能力和自适应能力等方面构建智慧型业务系统,并在网格预报智能化订正、业务产品自动化生成、服务产品智能化制作、服务产品智能化发布系统建设中得到应用,提升了产品加工效能和气象服务信息的发布时效。

参 考 文 献

曹勇,刘凌华,宗志平,等,2016. 国家级格点化定量降水预报系统[J]. 气象,42(12):1476-1482.

- 董迎玺,2008. 基于 SOA 架构的省级气象业务集成平台设计与实现[D]. 成都:电子科技大学.
- 杜鹏,杨蕾,2013. 智慧旅游系统建设体系与发展策略研究[J]. 科技管理研究,(23):44-49.
- 胡争光,郑卫江,高嵩,等,2014. 气象 GIS 网络平台关键技术研究与应用[J]. 应用气象学报,25(3):365-374.
- 黄小燕,金龙,2013. 基于主成分分析的人工智能台风路径预报模型[J]. 大气科学,37(5):1154-1164.
- 季永华,孙超,刘一鸣,等,2017. CIMISS 中气象观测资料处理入库效率优化方法[J]. 气象科技,45(1):30-35.
- 焦圣明,郑媛媛,王宏斌,等,2017. 灾害性天气个例库智能分析系统的设计与实现[J]. 气象,43(3):354-364.
- 李集明,沈文海,王国复,2006. 气象信息共享平台及其关键技术研究[J]. 应用气象学报,17(5):621-628.
- 李社宏,2014. 大数据时代气象数据分析应用的新趋势[J]. 陕西气象,(2):41-44.
- 梁海河,孟昭林,张春晖,等,2011. 综合气象观测运行监控系统[J]. 气象,37(10):1292-1300.
- 任永功,于戈,2004. 数据可视化技术的研究与进展[J]. 计算机科学,31(12):92-96.
- 任芝花,张志富,孙超,等,2015. 全国自动气象站实时观测资料三级质量控制系统研制[J]. 气象,41(10):1268-1277.
- 沈文海,2015a. 气象信息化进程中云计算的意义[J]. 中国信息化,(3):80-88.
- 沈文海,2015b. “智慧气象”内涵及特征分析[J]. 中国信息化,(1):80-91.
- 沈文海,2015c. 气象业务信息系统未来基础架构探讨——“云计算”和“大数据”在气象信息化中的作用[J]. 气象科技进展,(3):64-66.
- 沈文海,2017. 构建完备的气象数据管理体系[J]. 中国信息化,(2):82-91.
- 苏颖,樊重俊,2016. 智慧交通中大数据应用面临的挑战与对策研究[J]. 物流科技,39(6):89-91.
- 王娟,袁顺,易丁,等,2016. 贵州省气象云计算平台的研究与设计[J]. 福建电脑,32(3):132-134.
- 王垒,2016. 面向服务的气象大数据[J]. 陕西气象,(4):36-39.
- 肖卫青,杨润芝,胡开喜,等,2015. Hadoop 在气象数据密集型处理领域中的应用[J]. 气象科技,43(5):823-828.
- 熊安元,赵芳,王颖,等,2015. 全国综合气象信息共享系统的设计与实现[J]. 应用气象学报,26(4):500-512.
- 熊敏途,2017. 基于集合预报系统的日最高和最低气温预报[J]. 气象学报,75(2):211-222.
- 许庆瑞,吴志岩,陈力田,2012. 智慧城市的愿景与架构[J]. 管理工程学报,26(4):1-7.
- 许晔,孟弘,程家瑜,等,2010. IBM“智慧地球”战略与我国的对策[J]. 中国科技论坛,(4):20-23.
- 杨润芝,马强,李德泉,等,2012. 内存转发模型在 CIMISS 数据收发系统中的应用[J]. 应用气象学报,23(3):377-384.
- 张振涛,张正文,陈宇,等,2014. 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,25(2):249-256.
- 赵立成,沈文海,肖华东,等,2016. 高性能计算技术在气象领域的应用[J]. 应用气象学报,27(5):550-558.