

# CLDAS 数据质量在线评估系统的设计与实现

李显风<sup>1</sup> 师春香<sup>2\*</sup> 胡佳军<sup>1</sup> 韩帅<sup>2</sup> 姜志伟<sup>2</sup>

(1 江西省气象信息中心, 南昌 330096; 2 国家气象信息中心, 北京 100081)

**摘要** 数据质量评估是模式业务运行中重要环节。本文利用土壤水分观测数据和中国气象局陆面数据同化系统 (CLDAS) 产品数据, 采用 MySQL 数据库和 html、JavaScript、HighChart 等 Web 技术, 建立 CLDAS 数据质量在线评估系统。系统采用相关系数、均方根误差、相对偏差和平均偏差等统计指标, 实现对任意站点及省份、任意时段、不同土壤层次的土壤湿度的评估分析, 并以时间序列图、散点图等多种方式对比显示土壤湿度观测与模拟值。系统具备各类统计指标的实时计算, 并通过 Web 页面实时展示评估结果, 实现对模式产品的数据质量进行实时监视。

**关键词** 土壤水分观测数据; CLDAS; 在线评估

**中图分类号:** P413 **DOI:** 10.19517/j.1671-6345.20160647 **文献标识码:** A

## 引言

土壤湿度资料获取手段包括站点观测、卫星遥感探测和陆面过程模拟 3 种方式。目前中国气象局建立了覆盖全国范围的自动土壤水分观测站网, 但站点比较有限且在中国东部与西部分布不均匀, 而土壤本身具有很强的空间异质性, 站点观测数据的空间代表性差, 无法反映土壤水分的空间变化特征。卫星探测具有全天候、全覆盖的优势, 但是卫星遥感只能探测土壤表层信息, 并且卫星反演土壤湿度受模型误差、辅助数据误差、反演算法、电磁干扰等因素的影响, 产品精度也有待提高。陆面过程模拟可以获取时空连续、高分辨率、多层次不同深度的土壤湿度模拟值, 但其模拟精度受大气驱动数据、地表土壤参数等输入资料的影响较大, 存在不确定性。因此模型模拟和观测资料的相互结合, 融合多种来源的土壤湿度资料进行陆面数据同化分析成为陆面过程和水文研究中的热点和前沿。目前国际社会发展了众多不同尺度的陆面数据同化系统, 代表性的有: 美国的全球陆面数据同化系统 (GLDAS)<sup>[1]</sup>、北美陆

面数据同化系统 (NLDAS)<sup>[2]</sup>、欧洲中期天气预报中心陆面数据同化系统 (EDAS)<sup>[3]</sup>、美国高分辨率陆面数据同化系统 (HRLDAS)<sup>[4]</sup>、美国的陆面信息系统 (LIS)<sup>[5]</sup>、韩国陆面数据同化系统 (KLDAS)<sup>[6]</sup>、中国西部陆面数据同化系统<sup>[7]</sup>、中国气象局陆面数据同化系统 (CLDAS)<sup>[8]</sup> 等。

2010 年中国国家气象信息中心发展了中国气象局第一代陆面数据同化系统<sup>[9-11]</sup> (CLDAS-V1.0), 利用自动站观测数据、NCEP/GFS 数值产品, 通过 LAPS/STMAS 实现了气温、气压、湿度和风速的融合, 利用风云卫星数据和 CMORPH 卫星数据构建强迫场, 驱动 CLM3.5 模式进行土壤湿度产品的制作, 其数据产品通过中国气象局卫星广播系统 (CMACast) 实时广播分发, 提供中国气象局业务内网和中国气象数据网实时共享。2015 年国家气象信息中心在 CLDAS-V1.0 单模式模拟的基础上, 增加 CoLM 模式、Noah-MP (4 个参数化方案) 模式, 发展了中国气象局第二代陆面数据同化系统 (CLDAS-V2.0), 通过多模式集合模拟输出更高质量的土壤湿度、土壤温度、地表温度等多个要素的数

<http://www.qxkj.net.cn> 气象科技

国家自然科学基金项目 (91437220)、公益性行业 (气象) 科研专项 (GYHY201506002; GYHY201306045)、中国气象局“气象资料质量控制及多源数据融合与再分析”创新工程项目资助

作者简介: 李显风, 男, 1984 年生, 硕士, 工程师, 主要从事气象系统与数据产品应用开发, Email: lixianfeng223@163.com

收稿日期: 2016 年 11 月 15 日; 定稿日期: 2017 年 3 月 29 日

\* 通信作者, Email: shicx@cma.gov.cn

据产品,目前系统已经投入业务试运行。

对模式输出结果进行评估检验是模式业务运行中不可缺少的部分,通过评估分析可以确定模式的模拟误差,发现模式运行问题,针对模式问题进一步调整和优化相关参数,得到更优的模拟结果。评估系统通常采用离线和在线两种实现方式,离线方式只能对特定时间段和特定区域范围的历史数据进行评估分析,无法对数据质量进行实时评估,具有时空局限性。基于 B/S 模式的在线方式可以实现数据时段和区域范围可选的人机交互式评估分析,评估时效性高,能够及时发现数据不合理情况,该方式已广泛应用于各个领域的评估系统建设中<sup>[12-14]</sup>。因此本研究利用观测土壤数据和模型模拟数据,建立集实时和历史土壤数据于一体的数据库系统,基于 MySQL 数据库和 Web 技术,构建交互式数据质量在线评估平台,对 CLDAS-V2.0 系统输出结果进行评估分析,通过页面实时展示评估结果,实现对模式产品的数据质量进行实时监视。

## 1 数据介绍

### 1.1 土壤水分观测数据

土壤水分观测数据为自动土壤水分站逐小时观测数据,目前全国业务化运行的自动土壤水分站达到 1902 个(图 1)。自动土壤水分观测站主要监测 8 个层次的土壤体积含水量、土壤相对湿度、土壤重量含水率和土壤有效水分贮存量等 4 个观测要素。8 个

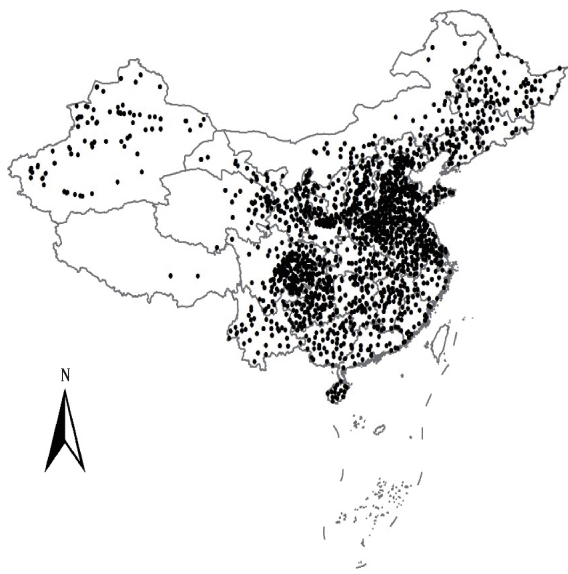


图 1 全国自动土壤水分观测站分布

层次分别为 0~10 cm、10~20 cm、20~30 cm、30~40 cm、40~50 cm、50~60 cm、70~80 cm、90~100 cm。中国气象局综合气象信息共享平台(CIMISS)实现了对实时和历史土壤水分观测数据的存储管理,并以气象数据统一服务接口(MUSIC)方式提供对数据的共享访问服务。以 CIMISS 获取的土壤湿度作为检验样本,对模拟数据进行评估分析。

### 1.2 CLDAS 产品数据

CLDAS 产品数据为中国气象局陆面数据同化系统第二版本(CLDAS-V2.0)实时输出的数据产品。CLDAS-V2.0 系统是在 CLDAS-V1.0 陆面数据同化业务系统框架下,接入升级后的陆面驱动数据处理模块,集成 CLM3.5、CoLM、Noah-MP(4 个参数化方案)6 个陆面模式,实时输出高质量的陆面驱动产品和多模式集合模拟的土壤温湿度产品。利用 STMAS 多重网格变分技术,以 ECMWF 数值分析/预报产品为背景场,用地面自动站观测数据进行逐步订正,得到 2 m 气温、10 m 风速、地面气压、湿度等驱动数据。基于 DISORT 辐射传输模型,应用 GFS 数值分析/预报产品动态更新模型输入参数,利用 FY-2G 一级数据反演小时太阳入射辐射驱动数据。利用中国区域小时融合降水产品和卫星降水产品进行叠加,获取亚洲区域降水驱动。利用上述制作的驱动数据,驱动 CLM3.5、CoLM、Noah-MP(4 个参数方案)陆面模型进行模拟,并对输出结果进行物理转换、垂直插值、空间拼接等处理后,得到实时土壤湿度数据集合。利用集合平均技术,对土壤湿度数据集合进行平均处理,获取最终的土壤温湿度产品。产品时间分辨率为 1 h,空间分辨率为亚洲区域(0~65°N,60°~160°E),土壤层次为 0~5 cm、0~10 cm、10~40 cm、40~100 cm 和 100~200 cm 5 个层次。数据产品通过 CMACast 系统向全国各省(市)气象部门广播分发,并通过 CIMISS 系统和气象业务内网提供数据共享服务。

## 2 系统结构与数据流程

考虑评估系统的运行效率以及实现实时和历史评估的无缝集成,系统采用客户端/服务器(C/S)和浏览器/服务器(B/S)混合软件架构方式。按系统数据流程划分,系统主要包括数据接收、数据处理、数据储存和评估显示等 4 部分(图 2)。对于数据接收、数据处理、数据储存采用 C/S 方式,系统评估显示部分采用 B/S 方式实现。

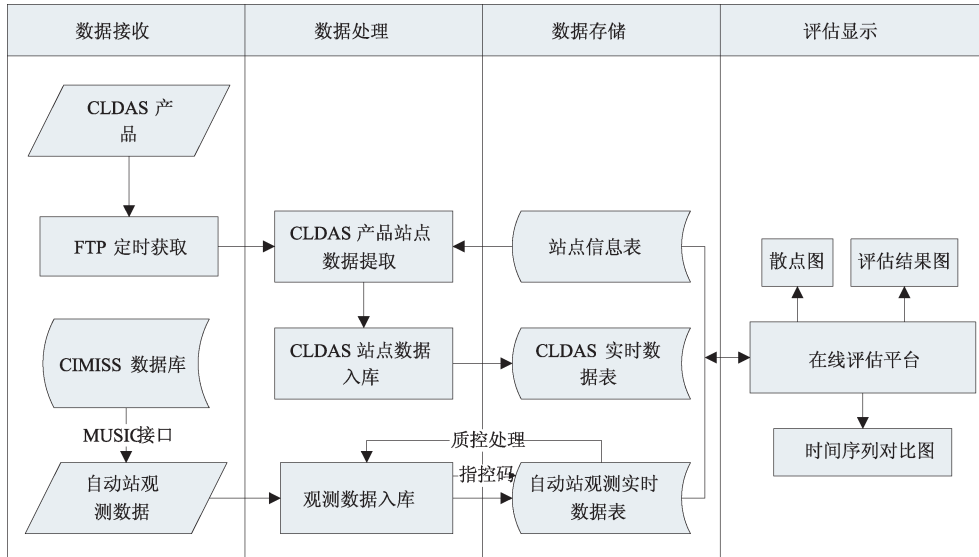


图 2 CLDAS 数据质量在线评估系统总体结构和数据流程

### 2.1 数据接收

CLDAS-V2.0 系统实时输出的数据产品储存于中国气象局高性能计算机,以 FPT 方式提供数据文件的读取访问。开发数据下载模块,采用 FTP 技术,以 1 h 间隔,定时将高性能计算机上实时生成的产品文件下载到系统处理服务器指定目录。系统同时输出单模式和多模式集合平均结果,采用多线程技术,实现多个数据文件的并行处理,显著提高数据下载与处理效率。

土壤观测数据来自 CIMISS 数据库,通过 MUSIC 提供的按时间检索农气数据要素(getAgmeEleByTime)访问接口,以 1 h 间隔,定时获取 CIMISS 数据库的土壤水分逐小时要素资料,得到全国所有站点的不同土壤层次的逐小时观测数据。

### 2.2 数据处理

根据观测站点的经纬度坐标提取 CLDAS 产品中站点所在格点的模拟值,将该值写入数据库 CLDAS 数据表。通过 MUSIC 接口获取 CIMISS 数据库储存的观测数据,对数据进行质控处理,将质控后的数据及质控码写入数据库观测数据表。利用站点的观测数据和 CLDAS 模式模拟数据,计算全国各省(市)所属站点的平均值,得到全省平均的土壤湿度观测值和模拟值,将该数据写入数据库省份数据表。

### 2.3 数据存储

系统采用 MySQL 数据库对 CLDAS 产品数据

和观测数据进行存储管理,根据系统功能需求,分别建立了 CLDAS 站点数据表、CLDAS 全省数据表、站点观测数据表、全省观测数据表和站点信息表,各数据表的结构设计如表 1 所示。CLDAS 站点数据表和站点观测数据表分别用于存储站点的模拟数据和观测数据,CLDAS 全省数据表和全省观测数据表分别用于储存全省平均的模拟数据和观测数据。由于数据时次密集、每时次数据记录多,因此站点和全省数据表均采用总表和子表的分表结构。通过 MySQL 数据库的 merge 存储引擎来实现分表设计,将实体数据储存于子表,子表采取分年建表策

表 1 数据表结构设计

数据表类型	数据表名	数据表主要字段
CLDAS 站点实时数据表	t_station_cl-das2_sm	站号、数据日期、5 cm 模拟值、10 cm 模拟值等
站点观测实时数据表	t_station_obs_sm	站号、数据日期、10 cm 观测值、10 cm 观测质控码、20 cm 观测值、20 cm 观测质控码等
CLDAS 全省实时数据表	t_province_cl-das2_sm	省份、数据日期、5 cm 观测值、10 cm 观测值等
全省观测实时数据表	t_province_obs_sm	省份、数据日期、10 cm 观测值、20 cm 观测值等
站点信息表	t_station_info	站点名称、站号、省份、经纬度等

略,即每年的数据存储为 1 个数据表,根据数据的日期时间,将数据写入指定子表,通过总表将所有子表进行逻辑关联,通过总表进行数据的查询以及插入等操作。站点信息表用于存储对站点的描述信息,包括站点名称、站号、经纬度等信息。

## 2.4 评估显示

基于数据库的观测数据和模拟数据,建立在线评估显示平台,实现质量评估指标在浏览器端的交互显示。平台基于 B/S 架构,采用 Struts2 框架设计实现,Struts2 是基于 MVC 设计模式的 Web 应用框架,用来建立模型与视图的数据交互。平台基于 3 层体系结构设计,包括 Web 显示层、Web 应用逻辑层和数据层(图 3)。

(1)Web 显示层:以浏览器方式提供评估结果的显示界面,采用 html、css 等主流 Web 技术进行界面设计与实现。利用 JavaScript 语言进行界面的交互处理和各种评估指标的实时统计计算。采用 HighChart 图表控件展示评估结果,提供时间序列图、散点图和热点图等多种表现形式。

(2)Web 应用层:采用 Java 语言进行平台的业务逻辑实现,通过 MySQL JDBC 数据库引擎操作和访问数据库数据,将获取的数据进行时空匹配和统计计算,通过 struts2 控制器返回 JSON 格式提供前台页面使用。

(3)数据层:为平台提供数据支撑,系统采用 MySQL 数据库,设计和建立了观测数据表和 CLDAS 产品数据表,用于存储和管理平台数据。

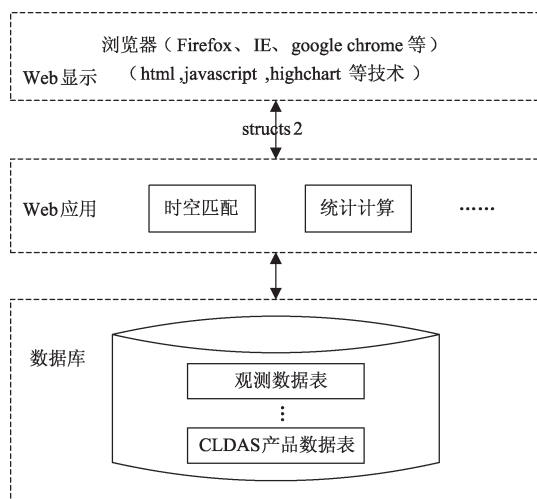


图 3 在线评估显示平台总体架构

## 3 关键技术

### 3.1 观测数据的质量控制

目前 CIMISS 数据库提供的自动土壤水分观测数据并未进行质控处理,因此本研究参考吴东丽等提出的自动土壤水分观测数据质控方法<sup>[15]</sup>,对站点观测土壤湿度数据进行范围检查、时变检查和持续性检查等质控处理,生成 7 种不同错误及疑误数据类型。具体质控过程如下:①土壤体积含水量大于 60%,标记为错误(质控码=1);②土壤体积含水量小于零,标记为错误(控制码=2);③土壤体积含水量等于零,标记为错误(控制码=3);④土壤相对湿度小于 100%且各层的观测值相同,标记为可疑(质控码=4);⑤各层体积含水量观测值相同,标记为可疑(质控码=5);⑥ 1 h 内土壤相对湿度突降 20%,标记为可疑(质控码=6);⑦土壤相对湿度连续 1 个月不变,标记为可疑(质控码=7)。

将上述质控算法集成到系统观测数据入库处理模块,实现对观测土壤湿度数据进行实时质控处理,将生成的指控码写入数据表相应的质控码字段,为模型模拟结果的评估分析提供质量可靠的检验数据。

### 3.2 模拟与观测数据的时空匹配

CLDAS 产品为格点数据,而观测土壤数据为站点数据,因此需要对 CLDAS 产品数据进行插值处理,得到与站点观测数据空间匹配的模拟数据。根据观测站点经纬度坐标,用式(1)、式(2)计算各站点对应格点位置,提取 CLDAS 产品数据的格点值,得到全国所有站点不同土壤层次的模拟值。

$$x = \text{int}\left(\frac{L_o - L_{og}}{G_{zx}} + 0.5\right) \quad (1)$$

$$y = \text{int}\left(\frac{L_n - L_{ag}}{G_{zy}} + 0.5\right) \quad (2)$$

式中, $x$ 、 $y$  为经度和纬度方向的格点坐标, $L_o$ 、 $L_n$  为站点经纬度坐标, $L_{og}$ 、 $L_{ag}$  为格点产品的起始经纬度坐标, $G_{zx}$ 、 $G_{zy}$  为格点产品的经纬度方向的网格大小。

由于观测和模式的土壤层次划分不同,模式数据总共有 5 层,分别为 0~5 cm、0~10 cm、10~40 cm、40~100 cm 和 100~200 cm 等。而观测数据总共有 8 层,分别为 10 cm、20 cm、30 cm、40 cm、50 cm、60 cm、80 cm 和 100 cm 等,从两套数据的层次

分布可以看出,观测数据能够覆盖模式的 0~10 cm,10~40 cm 和 40~100 cm 3 层数据,因此只选取这 3 层数据进行对比分析。由于模式土壤层次和观测土壤层次不能完全对应,对于 10~40 cm 和 40~100 cm 层次需要对观测数据进行多层次平均处理,此外观测数据和模式数据单位不同(相差 100 倍),两者需要进行数值转换处理,各层次数据转换公式如下:

$$M_{OD_0_10cm} = (O_{BS_10cm})/100 \quad (3)$$

$$M_{OD_0_40cm} = (O_{BS_10cm} + O_{BS_20cm} + O_{BS_30cm} + O_{BS_40cm})/100/4 \quad (4)$$

$$M_{OD_4_100cm} = (O_{BS_40cm} + O_{BS_50cm} + O_{BS_60cm} + O_{BS_80cm} + O_{BS_100cm}) \quad (5)$$

式中, $M_{OD_0_10cm}$ 、 $M_{OD_0_40cm}$ 、 $M_{OD_4_100cm}$  分别为各层的模拟值。 $O_{BS_10cm}$ 、 $O_{BS_20cm}$ 、 $O_{BS_30cm}$ 、 $O_{BS_40cm}$ 、 $O_{BS_50cm}$ 、 $O_{BS_60cm}$ 、 $O_{BS_80cm}$ 、 $O_{BS_100cm}$  分别为各层的观测值。

为确保 CLDAS 产品质量评估结果的准确性,在评估分析中,需要对相同时段范围的观测数据和模式数据需要进行数据质控筛选和时间匹配处理(图 4),具体思路如下:对选取时段范围内每时段观测数据的质控码进行判断,剔除质控错误和异常的时次,仅选取质控正常时次数据生成观测数据序列,同时选取同时次的模式数据生成模拟值序列,最终利用选取的两个数据序列进行评估结果的计算。

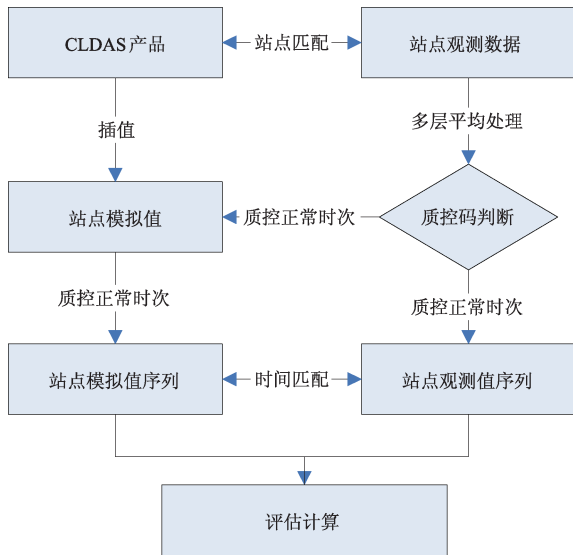


图 4 模拟与观测数据时空匹配处理流程

### 3.3 评估指标的实时计算

采用相关系数( $R$ )、均方根误差( $R_{MSE}$ )、平均偏

差( $M_E$ )和相对偏差( $B_{ias}$ )等统计指标对 CLDAS 产品数据质量进行定量评价,各统计指标的计算公式如下:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})(G_i - \bar{G})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2 \sum_{i=1}^n (G_i - \bar{G})^2}} \quad (6)$$

$$R_{MSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (S_i - G_i)^2}{n}} \quad (7)$$

$$M_E = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (S_i - G_i) \quad (8)$$

$$B_{ias} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(S_i - G_i)}{G_i} \quad (9)$$

其中, $n$  为样本总数, $S_i$  为模拟土壤数据, $G_i$  为观测土壤数据, $\bar{S}$  和  $\bar{G}$  分别为模拟和观测数据的平均值。

根据上述计算方法,通过 JavaScript 脚本语言实现各统计指标在浏览器端的实时计算。

### 3.4 基于 HighChart 的图表交互显示

HighChart 是用 JavaScript 语言编写的图表库,具有应用简单、图表类型丰富、支持图表交互等特点,目前已广泛应用于 Web 页面和 Web 应用系统的图表显示。HighChart 支持多种图表类型,如曲线图(spline)、散点图(scatter)、热点图(heatmap)、饼图(pie)等 11 种不同图表类型。High-Chart 基于面向对象设计方法,通过简单设置图形对象的必要属性参数便可使用,同时还可以根据需求灵活设置多种显示方式,如双坐标。

根据评估平台功能需求,首先新建 spline、scatter 和 heatmap 3 种图表对象,然后配置图表对象各种属性信息,如图表标题、坐标轴、数据序列和图例等,通过将数据序列与图形对象绑定,然后将图表对象与页面 html 标签绑定,实现图表在浏览器端的显示,并提供鼠标的放大缩小等功能。以 spline 图形为例,对象创建示例代码如下:

```

    Var chart=new Highcharts.Chart({
    //图表类型设置
    chart: {
        type: 'spline'
        zoomType: 'xy'
        renderTo: 'container'
    },
    //标题设置
    title: {
  
```

```

        text: titletxt,
    },
    //坐标轴设置
    xAxis: {
        type: 'datetime',
        dateLabelFormats: {
            second: '% Y - % m - % d < br /> % H: %
M: % S',
            minute: '% H: % M',
            hour: '% Y - % m - % d < br /> % H: % M',
            day: '% Y < br /> % m - % d',
            week: '% Y < br /> % m - % d',
            month: '% Y - % m',
            year: '% Y'
        }
    }
    yAxis: [{
        lineWidth: 1,
        title: {
            text: '体积含水量(m3/m3)',
            labels: {
                format: '{value}'
            }
        }
    }],
    //数据序列设置
    Series: [{
        name: '观测数据',
        data: obs_data
    }, {
        name: '模拟数据',
        data: mod_data
    }
    ]
})

```

#### 4 应用效果

基于土壤湿度观测数据和 CLDAS 模拟数据,采用 Java 语言以及 JavaScript、html、HighChart 等 Web 技术建立了在线土壤湿度质量评估平台(图 5,彩页),平台通过 TOMCAT 发布并部署于 Linux 服务器,系统运行稳定,访问快速。平台实现了站点及全省的模拟数据与观测数据的对比分析,以时间序列图、散点图等多种方式展示对比结果;提供任意时段、不同层次、不同模式的土壤湿度对比以及土壤湿度的剖面对比;实现了模拟值与观测值的统计指标的实时计算,并以热点图方式展示各项统计结果;提供观测值与模拟值的表格分页显示,同时具备表格数据的下载导出功能。

通过平台可以查询任意站点、任意时段、不同层次的各模式模拟结果与观测数据的对比分析结果,以北京市密云站为例,其 2013 年 6 月 1 日至 2013 年 10 月 31 日逐小时 10 cm 土壤体积含水量对比如图 6(彩页)所示,从图中可以看出,各模式模拟值具有与观测值相一致的变化趋势,与观测数据相比,CLM3.5 模式模拟的湿度相对偏湿,其相对偏差为 3.8%,而 CoLM 模式模拟湿度相对偏干,其相对偏差为 -11.3%,noah-MP 模式 4 个方案相互差别较小。通过多模式集合平均处理,可以有效解决单一模式系统偏差问题,其相关系数、均方根误差、相对偏差和平均偏差分别为 0.72, 0.03 ( $\text{m}^3/\text{m}^3$ )/h, -4.7%, -0.01 ( $\text{m}^3/\text{m}^3$ )/h(图 5)。

平台提供对全国各省(市)模拟结果的查询分析,以北京市为例,其 2013 年 6 月 1 日至 2013 年 10 月 31 日 10 cm 土壤体积含水量对比如图 7(彩页)所示,从图中可以看出,各模式模拟值具有与观测值相一致的变化趋势,与单站对比结果一样,全省模拟结果也表现出 CLM3.5 模式模拟的湿度明显偏湿 ( $\text{bias} = 20.1\%$ ) 的特征,通过单站平均处理的全省模拟结果的数据相关性明显提高,各模式相关系数均在 0.8 以上,其中集合平均模式的相关系数达 0.91(图 8,彩页)。

为方便用户对查询数据的分析使用,平台以表格方式(图 9,彩页)提供逐小时土壤湿度观测值及多模式模拟值在 10 cm、10~40 cm 和 40~100 cm 3 个层次的对比显示,并提供数据的导出功能。系统采用表格分页显示技术,解决查询长时间序列数据出现数据加载耗时长,导致页面访问速度慢等问题,即每次仅加载当前所选页码的数据记录,通过选择不同页面实现全部数据记录的加载显示,从而大大提高了数据表格显示效率。选择表格行数据,点击将弹出该时段土壤湿度数据的剖面图(图 10,彩页),提供不同层次的各模式的模拟值与观测值的直观对比显示。

#### 5 结论

本文提出了针对业务系统的数据产品进行实时在线评估的设计思想,基于 C/S 和 B/S 混合软件架构,建立了集实时与历史一体的 CLDAS 产品数据质量评估系统,对系统结构、系统数据流程、评估平台设计与实现、关键技术应用以及平台运行效果等



图 5 平台运行界面

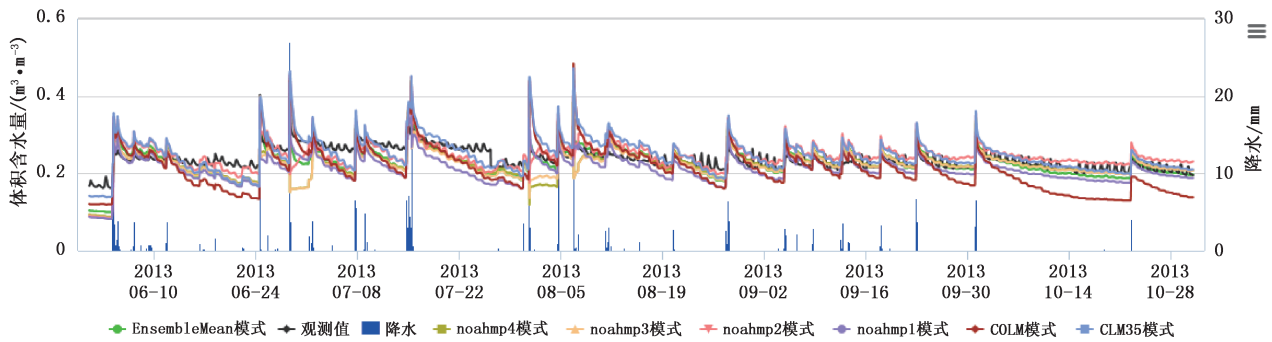


图 6 密云站 2013 年 6 月 1 日至 10 月 31 日逐小时 10 cm 土壤体积含水量对比

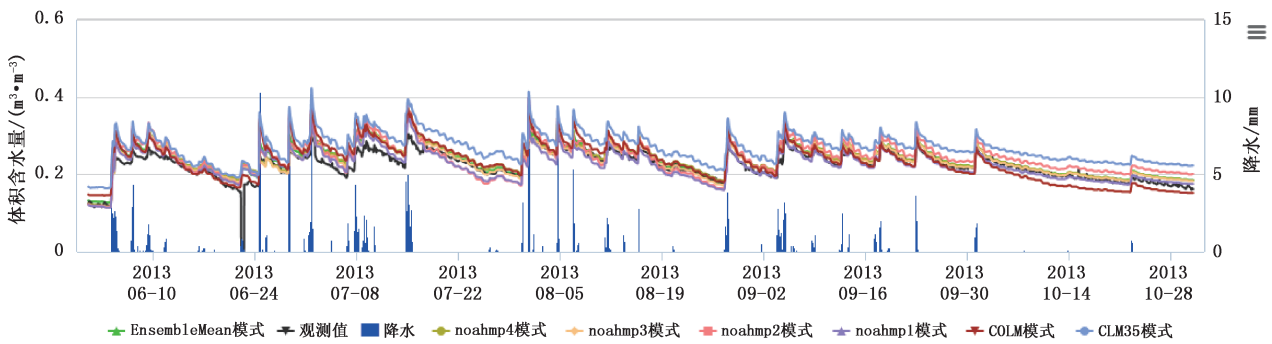


图 7 北京市 2013 年 6 月 1 日至 10 月 31 日逐小时 10 cm 土壤体积含水量对比

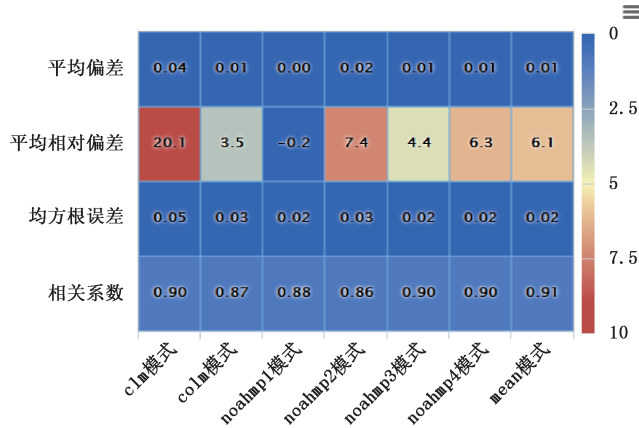


图 8 北京市 2013 年 6 月 1 日至 10 月 31 日逐小时 10 cm 土壤体积含水量多模式与观测误差及相关系数

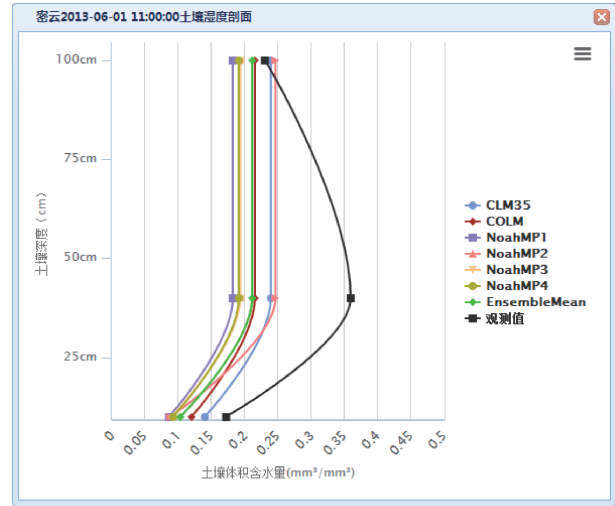


图 10 土壤体积含水量剖面对比

图形显示 表格数据

模式值与观测值表格显示(点击表格行数据显示土壤湿度剖面对比) 导出 Excel数据

日期	站号	站名	观测值			CLM35模式			COLM模式			NoahMP1模式			NoahMP2模式			NoahMP3模式			NoahMP4模式			EnsembleMean模式		
			10cm	40cm	100cm	10cm	40cm	100cm	10cm	40cm	100cm	10cm	40cm	100cm	10cm	40cm	100cm	10cm	40cm	100cm	10cm	40cm	100cm	10cm	40cm	100cm
2013-06-01 00:00:00	54416	密云	0.168	0.354	0.230	0.142	0.201	0.239	0.121	0.163	0.215	0.088	0.173	0.184	0.089	0.242	0.246	0.092	0.182	0.194	0.094	0.180	0.193	0.104	0.190	0.212
2013-06-01 01:00:00	54416	密云	0.169	0.354	0.230	0.142	0.201	0.239	0.121	0.163	0.215	0.087	0.172	0.184	0.089	0.242	0.246	0.091	0.181	0.194	0.093	0.180	0.192	0.104	0.190	0.212
2013-06-01 02:00:00	54416	密云	0.171	0.355	0.230	0.141	0.201	0.239	0.120	0.163	0.215	0.087	0.172	0.183	0.089	0.242	0.246	0.091	0.181	0.193	0.093	0.179	0.192	0.104	0.190	0.212
2013-06-01 03:00:00	54416	密云	0.174	0.356	0.230	0.141	0.201	0.239	0.120	0.163	0.215	0.087	0.172	0.183	0.089	0.242	0.246	0.091	0.181	0.193	0.093	0.179	0.192	0.103	0.190	0.212
2013-06-01 04:00:00	54416	密云	0.179	0.357	0.230	0.141	0.201	0.239	0.120	0.163	0.215	0.087	0.172	0.183	0.089	0.242	0.246	0.091	0.181	0.193	0.093	0.179	0.192	0.103	0.190	0.211
2013-06-01 05:00:00	54416	密云	0.182	0.359	0.230	0.140	0.200	0.239	0.120	0.163	0.215	0.087	0.172	0.183	0.088	0.242	0.246	0.090	0.181	0.193	0.093	0.179	0.192	0.103	0.189	0.211
2013-06-01 06:00:00	54416	密云	0.178	0.358	0.230	0.140	0.200	0.239	0.120	0.163	0.215	0.086	0.172	0.183	0.088	0.242	0.246	0.090	0.180	0.193	0.092	0.179	0.192	0.103	0.189	0.211
2013-06-01 07:00:00	54416	密云	0.176	0.358	0.230	0.140	0.200	0.239	0.120	0.163	0.215	0.086	0.172	0.183	0.088	0.242	0.246	0.090	0.180	0.193	0.092	0.179	0.191	0.103	0.189	0.211
2013-06-01 08:00:00	54416	密云	0.175	0.359	0.230	0.140	0.200	0.239	0.120	0.163	0.215	0.086	0.171	0.183	0.088	0.242	0.246	0.090	0.180	0.193	0.092	0.179	0.191	0.103	0.189	0.211
2013-06-01 09:00:00	54416	密云	0.174	0.359	0.230	0.140	0.200	0.239	0.120	0.163	0.215	0.086	0.171	0.183	0.088	0.242	0.246	0.090	0.180	0.193	0.092	0.179	0.191	0.103	0.189	0.211
2013-06-01 10:00:00	54416	密云	0.173	0.359	0.230	0.140	0.200	0.239	0.120	0.163	0.215	0.086	0.171	0.183	0.088	0.242	0.246	0.090	0.180	0.193	0.092	0.178	0.191	0.103	0.189	0.211
2013-06-01 11:00:00	54416	密云	0.172	0.359	0.230	0.140	0.200	0.239	0.120	0.163	0.215	0.086	0.171	0.182	0.088	0.242	0.246	0.090	0.180	0.193	0.092	0.178	0.191	0.103	0.189	0.211
2013-06-01 12:00:00	54416	密云	0.171	0.359	0.230	0.140	0.200	0.239	0.120	0.163	0.215	0.086	0.171	0.182	0.088	0.242	0.246	0.090	0.180	0.193	0.092	0.178	0.191	0.103	0.189	0.211
2013-06-01 13:00:00	54416	密云	0.170	0.358	0.230	0.140	0.200	0.239	0.120	0.163	0.215	0.086	0.171	0.183	0.088	0.242	0.246	0.090	0.180	0.193	0.092	0.178	0.191	0.103	0.189	0.211
2013-06-01 14:00:00	54416	密云	0.169	0.358	0.230	0.140	0.200	0.239	0.120	0.163	0.215	0.086	0.171	0.183	0.088	0.242	0.246	0.090	0.180	0.193	0.092	0.178	0.191	0.103	0.189	0.211
2013-06-01 15:00:00	54416	密云	0.168	0.357	0.231	0.141	0.200	0.239	0.120	0.163	0.215	0.086	0.171	0.183	0.088	0.242	0.246	0.090	0.180	0.193	0.092	0.178	0.191	0.102	0.189	0.211
2013-06-01 16:00:00	54416	密云	0.167	0.356	0.231	0.141	0.200	0.239	0.120	0.163	0.215	0.086	0.171	0.183	0.088	0.242	0.247	0.090	0.180	0.193	0.092	0.178	0.191	0.102	0.189	0.211
2013-06-01 17:00:00	54416	密云	0.167	0.356	0.231	0.141	0.200	0.239	0.120	0.163	0.215	0.086	0.171	0.183	0.087	0.242	0.247	0.090	0.180	0.193	0.092	0.178	0.191	0.102	0.189	0.211
2013-06-01 18:00:00	54416	密云	0.166	0.355	0.231	0.141	0.200	0.239	0.120	0.163	0.215	0.086	0.171	0.183	0.087	0.242	0.247	0.090	0.180	0.193	0.092	0.178	0.191	0.102	0.189	0.211
2013-06-01 19:00:00	54416	密云	0.166	0.355	0.231	0.141	0.200	0.239	0.120	0.163	0.215	0.086	0.171	0.183	0.087	0.242	0.247	0.090	0.180	0.193	0.092	0.179	0.191	0.102	0.189	0.211

图 9 密云站 2013 年 6 月 1 日至 10 月 31 日逐小时 10 cm 土壤体积含水量表格显示

方面进行了详细阐述。系统采用相关系数、均方根误差、相对偏差和平均偏差等统计指标,以土壤水分站观测数据作为检验真值,对 CLDAS 产品质量进行定量评估分析。以 Web 方式,实现了各评估指标以及对比结果的交互显示。

系统实现了对 CLDAS-V2.0 模式的产品数据进行实时评估分析,提供对任意站点及省份、任意时段范围、不同土壤层次的土壤模拟数据与观测数据的对比分析。系统具备对观测土壤数据的质控处理,确保了检验数据的准确性,评估结果真实可靠。

评估系统能够实时监视 CLDAS-V2.0 业务系统产品质量,通过平台可以实时验证模式模拟误差,及时发现模式运行问题,为模式进一步修改和调整提供依据。评估系统运行将对 CLDAS-V2.0 系统输出高质量数据产品提供有力保障。

### 参考文献

[1] Rodell M, Houser P R, Jambo R U, et al. The global land data assimilation system [J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 2004, 85(3): 381-394.

[2] Xia Y. North American Land Data Assimilation System Phase



- 2 (NLDAS-2): Development and applications [J]. *Gewex News*, 2011, 21(2):6-7.
- [3] Albergel C, Dorigo W, Balsamo G, et al. Monitoring multi-decadal satellite earth observation of soil moisture products through land surface reanalyses [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2013, 138(6):77-89.
- [4] Zeeberg B, Cheek J, Caplow M. Description and evaluation of the characteristics of the NCAR High-Resolution Land Data Assimilation System [J]. *J Appl Meteor Climatol*, 2007, 46(6):694-713.
- [5] Geiger J, Petersliard C D, Kumar S, et al. Software release and distribution of the NASA Land Information System: Legacy and lessons learned [C] // AGU Fall Meeting, 2010: 505-543.
- [6] Lim Y, Byun K, Lee T, et al. A land data assimilation system using the MODIS-derived land data and its application to numerical weather prediction in East Asia [J]. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*, 2012, 48: 83-95.
- [7] 李新, 黄春林, 车涛, 等. 中国陆面数据同化系统研究的进展与前瞻[J]. *自然科学进展*, 2007, 17(2):163-173.
- [8] 师春香, 谢正辉, 田向军, 等. 中国区域陆面土壤湿度数据同化研究[C] // 第 8 届中国气象学会年会. 北京: 中国气象学会, 2011.
- [9] 孙小龙, 宋海清, 李平, 等. 基于 CLDAS 资料的内蒙古干旱监测分析[J]. *气象*, 2015, 41(10):1245-1252.
- [10] 韩帅, 师春香, 林泓锦, 等. CLDAS 土壤湿度业务产品的干旱监测应用[J]. *冰川冻土*, 2015, 37(2):446-453.
- [11] 朱智, 师春香. 中国气象局陆面同化系统和全球陆面同化系统对中国区域土壤湿度的模拟与评估[J]. *科学技术与工程*, 2014, 14(32):138-144.
- [12] 吴林荣, 罗慧, 鲁渊平, 等. 重大气象灾害服务效益评估系统设计及业务应用[J]. *气象科技*, 2010, 38(3):394-398.
- [13] 牛媛媛, 陆达, 陈明金. 电能质量评估系统的设计及实现[J]. *计算机技术与发展*, 2009, 19(12):120-122.
- [14] 赵嵩正, 殷茗, 梁工谦, 等. 基于 .NET 的特大型航空产品质量评估系统的设计与实现[J]. *计算机应用*, 2005, 25(9): 2155-2158.
- [15] 吴东丽, 曹婷婷, 薛红喜. 自动土壤水分观测数据质量控制方法及其应用[J]. *土壤科学*, 2016, 4(1):1-10.

## Design and Implementation of an Online CLDAS Data Quality Assessment System

Li Xianfeng<sup>1</sup> Shi Chunxiang<sup>2</sup> Hu Jiajun<sup>1</sup> Han Shuai<sup>2</sup> Jiang Zhiwei<sup>2</sup>

(1 Jiangxi Meteorological Information Center, Nanchang 330096; 2 National Meteorological Information Center, Beijing 10081)

**Abstract:** Data quality assessment is an important part in model operation application. In this paper, the soil moisture observation data and China Meteorological Administration Land Data Assimilation System (CLDAS) data are used to establish the online CLDAS data quality assessment system through the MySQL database and the Web technology like html, JavaScript, HighChart, etc. The assessment analysis between the simulated soil moisture and the observed soil moisture at any of stations and provinces, times and different soil layers is implemented in the form of correlation coefficient, root mean square error, relative deviation, and mean deviation. Diagrams such as time series and scatter are visually displayed to compare the observation and simulated data in the system. The statistical indexes can be calculated immediately using JavaScript language in the Web platform. The assessment results and the comparison diagrams can be showed through the internet Web page, and the real-time monitoring of the model product data quality can be achieved.

**Keywords:** soil moisture observation; CLDAS; online assessment