

国家级作物长势遥感监测业务系统设计与实现

裴志远, 郭琳, 汪庆发

(农业部规划设计研究院, 北京 100125)

摘要: 作物长势监测是农情遥感监测的重要组成部分。为了建立稳定的作物长势监测业务系统, 该文一方面选取 NDVI 时间序列提取的时空参数从不同侧面描述作物长势, 建立作物长势监测的综合性模型, 另一方面建立了一个覆盖全国主要农区、由 200 个县组成的地面调查网络, 采集地面实况信息, 并采用客户端/服务器 (C/S) 和浏览器/服务器 (B/S) 的混合结构开展系统设计, 基于遥感和地面调查两个角度设计实现了国家级作物长势遥感监测业务系统, 同时对由于作物种类和监测区域不同引起的长势评价标准不一致、模型定量化和业务系统架构仍需根据应用进一步分解完善等问题进行了讨论。以中国冬小麦主产区为例, 进行了作物长势监测试验, 取得较好的监测结果。目前该系统已在大尺度作物遥感监测中得到应用。

关键词: 监测, 遥感, 业务系统, 系统架构

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2009.08.028

中图分类号: S127, TP79

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2009)-8-0152-05

裴志远, 郭琳, 汪庆发. 国家级作物长势遥感监测业务系统设计与实现[J]. 农业工程学报, 2009, 25(8): 152—156.
Pei Zhiyuan, Guo Lin, Wang Qingfa. Design and implementation of operational system for national crop growth condition monitoring with remote sensing[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(8): 152—156. (in Chinese with English abstract)

0 引言

作物长势监测是农情遥感监测的重要内容, 可以为宏观生产管理、早期产量估计等提供快速、宏观的信息, 具有十分重要的意义。欧美等发达国家对作物长势遥感监测非常重视, 已经建立了业务运行系统, 实现了区域、全球的作物长势监测, 在农业生产管理及农产品贸易中发挥了重要作用。

国内从 20 世纪 70 年代开始农业遥感监测的研究与应用, 早期以作物种植面积和产量的监测为主。进入 20 世纪 90 年代, 作物长势遥感监测逐渐引起重视, 国内从事农业遥感的相关单位开始了一系列的研究与应用^[1-3]。其中, 农业部规划设计研究院在自然科学基金、农业部高新技术重点项目和农业遥感业务化运行项目的支持下, 以建立稳定的业务运行系统为目标, 进行了大尺度作物遥感监测技术方法和业务系统的研究。经过长期的积累, 目前已建立了国家级作物长势遥感监测系统, 并实现了稳定的业务运行。

1 监测方法

作物长势监测包括遥感监测和地面监测两个方面, 通过面上遥感监测信息与点上地面实测信息的复合分析, 可建立作物长势遥感监测业务系统, 实现大尺度的作物长势遥感监测。

1.1 遥感监测

作物长势监测是对作物生长状况及趋势的监测。杨邦杰等^[4]将作物长势定义为包括个体和群体两方面的特征, 叶面积指数 LAI 是与作物个体特征和群体特征有关的综合指标, 可以作为表征作物长势的参数。归一化差值植被指数 $NDVI$ 与 LAI 有很好的相关关系, 江东等^[5]以河北省石家庄地区为例, 研究了冬小麦平均生长率与 $NDVI$ 之间的相关关系, 指出用 $NDVI$ 曲线模拟的冬小麦长势, 完全符合冬小麦的干物质积累过程。同时, $NDVI$ 是目前通用的植被指数, 形成了标准的算法和数据产品, 能满足业务系统对数据标准化的要求, 所以, 在作物长势遥感监测业务系统中采用 $NDVI$ 作为作物长势监测与评价的指标。

大尺度的作物长势是时空变化的过程, 其监测的核心是反映作物长势的时空差异, 即同一时相的作物长势在空间地域上和同一空间地域的作物长势在不同时相上存在的差异。在建立 $NDVI$ 时空数据库的基础上, 通过提取多时相 $NDVI$ 时空特征参数, 可以构建作物长势遥感监测模型。裴志远等^[6]将用于作物长势监测的多时相 $NDVI$ 时空特征 v_{ijk} 定义为

$$v_{ijk} = (v_i, v_j, v_k) \quad (1)$$

式中: v_i ——不同生长季同一生育期的 $NDVI$ 时间特征参数, 反映不同年份作物长势的对比; v_j ——同一生长季不同生育期的 $NDVI$ 时间特征参数, 反映不同生育期作物长势的变化; v_k ——空间特征参数, 反映作物长势在区域上的差异。通过相关参数的组合可以建立作物长势监测的模型体系, 从不同侧面进行作物长势监测。如作物生长实时监测与趋势分析^[7]; 单一生长季内的变化监测和不同生长季之间的变化监测^[8]。

收稿日期: 2009-05-27 修订日期: 2009-08-06

基金项目: 国家自然科学基金(39870444); 农业信息预警财政专项(2130111)
作者简介: 裴志远 (1968—), 男, 安徽人, 高级工程师, 主要从事农业遥感应用与研究工作。北京市朝阳区麦子店街 41 号 农业部规划设计研究院, 100125。Email: peizhiyuan@tom.com

1.2 地面监测

业务化作物长势遥感监测的关键之一是如何建立遥感模型结果与地面实况之间的对应,即如何在遥感监测模型结果的基础上,划分作物长势分等定级及其阈值,这是目前研究与应用中存在的主要问题之一。在国家级作物长势遥感监测业务系统中,通过地面调查,获取土壤墒情与作物长势等实测信息,为遥感监测提供地面实测数据支持。

从 2005 年开始,农业部遥感应用中心在全国系统布设地面监测网络,实地监测土壤墒情与作物长势,为遥感监测提供地面实测数据^[9]。地面网络布设主要考虑了气候类型、地形地貌、种植制度等,使其具有较好的区域代表性,以满足国家级监测的需要。通过设立的地面监测样方,在作物生育期,根据监测日历,定期实地采集土壤墒情、作物长势、灾害等信息,并通过基于互联网的数据传输系统进行数据汇总与统计。

2 业务系统的功能

2.1 数据接收和预处理

主要包括遥感数据与地面监测数据两部分。遥感数据的数据接收和预处理主要采用数字视频广播系统 DVBS (digital video broadcasting system)。利用该系统接收逐日的极轨气象卫星和环境监测卫星数据,包括 NOAA 16、17、18, FY-1D 和 MODIS/TERRA 等,接收资料的范围可以覆盖整个中国和东亚地区。通过预处理生成标准化的遥感数据集。地面监测数据接收主要采用基于互联网的数据采集系统,通过预处理生成标准化的地面监测数据集。

2.2 数据库管理

作物长势遥感监测数据来源多、数据类型复杂,包括遥感图像数据、地理信息数据、统计数据、地面实测数据等。从数据处理流程看,包括原始数据、过程数据、结果数据等。除存储备份、查询检索等一般功能外,数据库管理的核心是数据重组,包括数据编码、参数提取

与合成等。通过数据重组,形成具有统一时空基础和标准的时间序列数据集,如通过最大值迭代,形成以旬为单位 NDVI 时间序列数据集。

2.3 模型与分析

目前,在作物长势遥感监测业务系统中,主要采用生育期比较模型,包括逐年比较、距平比较和极值比较 3 种算法,分别用于当年与上年同期、与多年平均及极端年份对比的作物长势特征参数提取。在此基础上,通过与地面实测数据的复合分析,确定长势等级划分的阈值,结合以行政单元为单位的空间统计分析,进行作物长势综合分析评价。

2.4 结果输出

作物长势遥感监测业务系统的输出功能主要是长势监测结果的显示与输出,包括作物长势等级分布图、区域作物长势统计报表、监测报告等。

3 业务系统架构

作物长势遥感监测具有数据量大、数据种类多、数据处理任务繁多的特点。在以前的研究和应用中,运行化的系统采用基于局域网环境下的客户机/服务器模式 (Client / Server) 进行设计^[10]。本项研究中,地面监测是业务化系统的重要组成部分,作物长势遥感监测业务系统总体上由遥感监测和地面监测两大部分构成。遥感监测部分数据量大,包括通过 DVBS 接收的 MODIS 数据、风云卫星数据、SPOT VEGETATION 数据等。处理分析复杂,包括遥感图像预处理、数据存储与备份、数据重组、模型运算、统计分析等。地面监测部分由分布全国的地面监测网络构成,地域分布广阔,对数据传输系统的简洁与可靠性要求高。作物长势遥感监测业务系统是集遥感、地理信息系统、数据库系统、专业应用模型于一体的综合信息采集、处理、分析信息系统,集成化和网络化程度很高。系统运行效率要求高,要在尽可能短的时间内完成数据采集、处理与分析,以提高作物长势监测的时效性。

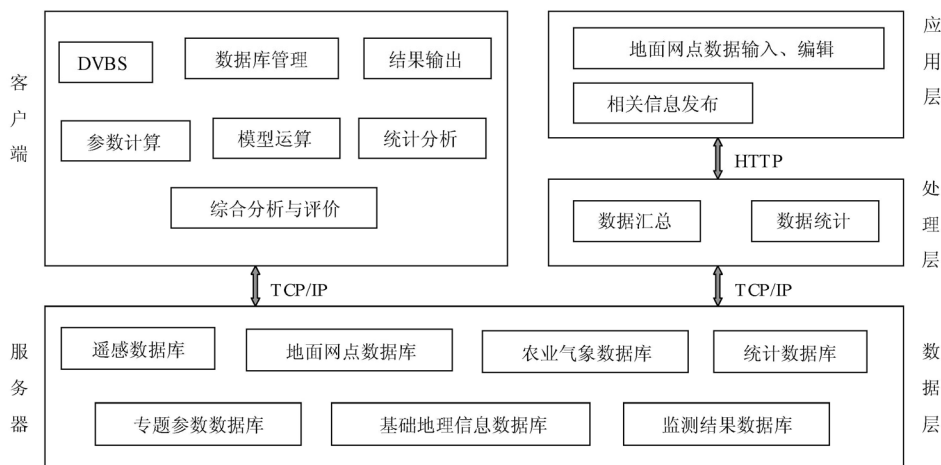


图 1 业务系统架构

Fig.1 Framework of the operational system

根据以上系统构成特点,业务系统设计采用了基于局域网和互连网的 C/S(Client / Server)和 B/S(Browser / Server) 混合结构,以满足系统集成性、稳定性、安全性和维护的需要^[11]。C/S 架构数据传输速度快、信息安全程度高,可以满足大数据量存储、传输、分析处理和监测等方面的需求,主要用于遥感监测业务的处理及监测结果的综合分析。B/S 架构具有强大的信息发布能力,对浏览器端的用户数目没有限制,客户端只需要普通的浏览器即可,不需要其他任何特殊软件,满足分散的地面监测数据传输与处理需要。

其中,1 个无缝集成的系统后台数据库位于系统最下层,对应 C/S 系统的服务器端和 B/S 系统的数据层,作为各子系统的数据源。在 C/S 模式下,客户端主要是一些功能模块与应用,包括遥感数据接收与预处理、数据库管理、空间统计分析、长势监测模型、监测结果综合分析等,通过多客户端的并行,提高系统运行效率。在 B/S 的模式下,从逻辑上将系统分为数据层、处理层和应用层,其中,处理层提供数据汇总和统计功能,并响应用户端的请求;应用层是面向各地面监测网点的数据传输及信息发布系统。

4 系统实现与运行

作物长势遥感监测业务系统中,后台数据库构建采用 Oracle 10g, ArcSDE 作为空间数据引擎,形成业务系统统一的数据平台。遥感监测处理与分析的客户端,通过 ERDAS、PCI、ARCGIS、SPSS 等专业软件的功能集成,分别实现数据重组、参数提取、模型运算、统计分析、结果输出等对应的功能,形成完整的数据处理与分析流程。

4.1 系统开发环境

主要采用微软.NET 框架+ESRI ArcGIS 实现系统的主要功能。

系统开发语言采用基于工业标准.NET 平台下的 Visual C#语言,利用可视化编程技术开发简单、功能强大、类型安全、完全面向对象等特点,实现应用程序的快速开发,减少开发周期。

选用 ArcGIS Server + ARCGIS Desktop 完成系统中 GIS 的分析处理运算,并构建高度集中管理的企业级 GIS 服务中心,与.NET 结合,完成对服务器资源与功能的使用。

数据库服务器利用 Oracle 10g 来存储和管理海量的属性数据,消除数据几何级增长带来的隐患。

4.2 系统运行环境

4.1.1 服务器端

服务器端主要用于存放海量遥感图像、专题数据、属性数据库等(数据服务器),采用专用服务器机型,考虑到服务器容量问题,采用磁盘阵列系统用于存储数据信息;服务器端同时用于提供客户端使用服务器资源与功能的应用接口(应用服务器)。软件运行环境如下:

数据服务器: Windows 2003 Server/Oracle 10g/VERTAS/

应用服务器: Windows 2003 Server/Oracle 10g Client/ArcGIS Server9.3/

4.1.2 客户端

客户端主要完成各种系统应用,包括图像处理、专题信息提取、统计分析等,由于处理对象多为遥感图像、矢量信息等,对计算机性能要求较高,采用专业图形工作站机型。软件运行环境如下:

Windows XP Professional/ERDAS 9.0/ARCGIS 9.3/SPSS 6.0/eCognition/PCI10 V10.1/

4.3 系统流程

作物长势遥感监测业务系统的运行主要包括遥感图像处理分析、地面监测与汇总及综合分析评价 3 个主要环节。其中,遥感图像处理分析主要包括 DVBS 数据接收、预处理、NDVI 等参数计算与旬最大值合成、长势模型运算等;地面监测主要包括地面数据采集、数据传输、数据汇总、统计分析等;综合分析评价主要包括遥感模型运算与地面监测实况的复合分析,以及作物长势监测结果的输出等。业务系统的运行流程如图 2 所示。

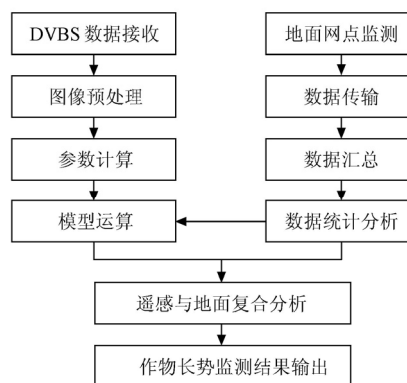


图 2 业务系统流程

Fig.2 Flow chart of the operational system

4.4 系统运行

2008 年冬—2009 年春季,由于较常年同期降水偏少和气温偏高,中国北方冬小麦主产区遭受严重的气象干旱。从冬小麦返青开始,作物长势遥感监测业务系统每周进行 1 次全国主产区冬小麦的遥感监测。采用逐年比较模型^[6],通过遥感与地面实况的复合分析,进行冬小麦长势的综合分析评价,图 3 为 3 月下旬全国冬小麦长势分布示意图。

3 月下旬中国北方冬小麦主产区处于返青、拔节期,西南等地区处于抽穗期。监测结果显示,3 月下旬全国冬小麦主产区长势总体与上年同期持平,其中,长势好于上年同期的冬小麦面积占 10.6%;长势与上年同期持平的冬小麦面积占 79.1%;长势差于上年同期的冬小麦面积占 10.3%。由于干旱发生时中国冬小麦主产区处于越冬期,以及及时采取了抗旱措施,前期的气象干旱对全国冬小麦的长势并没有造成全局性的严重影响。

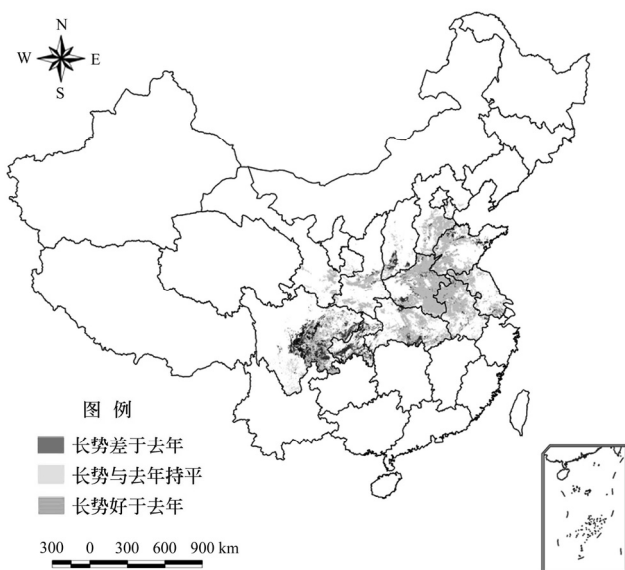


图3 2009年3月下旬全国冬小麦长势分布示意图

Fig.3 Schematic description of growth distribution of national winter wheat in late March, 2009

5 问题与讨论

本文基于遥感和地面调查两个角度设计实现了国家级作物长势遥感监测业务系统: 遥感监测部分数据量大、处理分析复杂, 包括遥感图像预处理、数据存储与备份、数据重组、模型运算、统计分析等; 地面监测部分由分布全国的地面监测网络构成, 地域分布广阔、数据传输系统的实时性与可靠性高; 两大部分互为补充和验证, 共同组成作物长势遥感监测业务系统。本文以中国冬小麦主产区为例, 进行了作物长势遥测试验, 取得较好效果。结果表明:

1) NVDI 时间序列模型可以适应于大尺度作物长势监测的需要; 业务化的作物长势监测系统需要地面调查数据作为有效支撑; 采用 C/S & B/S 的混合结构进行系统设计适合业务化运行的需要。

2) 地面监测是作物长势遥感监测业务系统的重要组成部分, 目前由于作物品种、区域差异等原因, 存在作物长势评价标准不一致的问题, 影响了大尺度作物长势监测结果的区域可比性, 需要进一步规范地面监测与评价标准。

3) 目前作物长势遥感监测业务系统主要采用定性的经验模型, 监测结果与实际应用还存在一定的距离。需要进一步发展量化的模型, 可能的方向是作物生长模型与遥感参数的耦合。

4) 采用 C/S & B/S 混合结构虽然可以较好地满足作物长势遥感监测业务系统的需要, 但是由于作物长势遥感监测的复杂性, 方法、模型和流程需要不断完善和规范, 目前的系统维护难度仍然较大, 集中表现在 C/S 结构中, 客户端数据处理分析功能与应用的逻辑独立性程度不高, 需要在流程化和模块化的基础上将客户端进一步分解成独立性高、界面和接口清晰的数据处理分析功能层与应用层。

[参 考 文 献]

- [1] 吴素霞, 毛任钊, 李红军, 等. 中国农作物长势遥感监测研究综述[J]. 中国农学通报, 2005, 21(3): 319—322.
Wu Suxia, Mao Renzhao, Li Hongjun, et al. Review of crop condition monitoring using remote sensing in China[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2005, 21(3): 319—322. (in Chinese with English abstract)
- [2] 刘继承, 姬长英. 作物长势监测的应用研究现状与展望[J]. 江西农业学报, 2007, 19(3): 17—20.
Liu Jicheng, Ji Changying. Application status and prospects of crop growth monitoring[J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2007, 19(3): 17—20. (in Chinese with English abstract)
- [3] 杨邦杰, 裴志远, 周清波, 等. 我国农情遥感监测关键技术研究进展[J]. 农业工程学报, 2002, 18(3): 191—194.
Yang Bangjie, Pei Zhiyuan, Zhou Qingbo, et al. Key technologies of crop monitoring using remote sensing at a national scale: progress and problems[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2002, 18(3): 191—194. (in Chinese with English abstract)
- [4] 杨邦杰, 裴志远. 农作物长势的定义与遥感监测[J]. 农业工程学报, 1999, 15(3): 214—218.
Yang Bangjie, Pei Zhiyuan. Definition of crop condition and crop monitoring using remote sensing[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 1999, 15(3): 214—218. (in Chinese with English abstract)
- [5] 江东, 王乃斌, 杨小唤, 等. NDVI 曲线与农作物长势的时序互动规律[J]. 生态学报, 2002, 22(2): 247—252.
Jiang Dong, Wang Naibin, Yang Xiaohuan, et al. Principles of the interaction between NDVI profile and the growing situation of crops[J]. Acta Ecologica Sinica, 2002, 22(2): 247—252. (in Chinese with English abstract)
- [6] 裴志远, 杨邦杰. 多时相 NDVI 的时空特征提取与作物长势模型设计[J]. 农业工程学报, 2000, 16(5): 20—22.
Pei Zhiyuan, Yang Bangjie. Analysis of multi-temporal and multi-spatial character of NDVI and crop condition models development[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2000, 16(5): 20—22. (in Chinese with English abstract)
- [7] 吴炳方, 张峰, 刘成林, 等. 农作物长势综合遥感监测方法[J]. 遥感学报, 2004, 8(6): 498—514.
Wu Bingfang, Zhang Feng, Liu Chenglin, et al. An integrated method for crop condition monitoring[J]. Journal of Remote Sensing, 2004, 8(6): 498—514. (in Chinese with English abstract)
- [8] 顾晓鹤, 宋国宝, 韩立建, 等. 基于变化向量分析的冬小麦长势变化监测研究[J]. 农业工程学报, 2008, 24(4): 159—165.
Gu Xiaohu, Song Guobao, Han Lijian, et al. Monitoring of growth changes of winter wheat based on change vector analysis[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2008, 24(4): 159—165. (in Chinese with English abstract)
- [9] 孙丽, 汪庆发, 黄大彤. 全国土壤水分及作物长势地面监测体系的初步设想[J]. 农业工程学报, 2007, 23(2): 173—176.

- Sun Li, Wang Qingfa, Huang Datong. Primary idea of national ground monitoring system for soil moisture and crop growth[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2007, 23(2): 173—176. (in Chinese with English abstract)
- [10] 蒙继华, 吴炳方, 李强子. 运行化的农作物长势遥感监测系统[J]. 高技术通讯, 2007, 17(1): 94—99.
- Meng Jihua, Wu Bingfang, Li Qiangzi, et al. An operational crop growth monitoring system by remote sensing[J]. Chinese High Technology Letters, 2007, 17(1): 94—99. (in Chinese with English abstract)
- [11] 陈骞, 罗智佳, 毛宗源. 基于 C/S 和 B/S 混合结构的数据采集与整合系统[J]. 计算机应用研究, 2006, 23(7): 188—190.
- Chen Qian, Luo Zhijia, Mao Zongyuan. Data acquisition and integration system based on C/S and B/S[J]. Application Research of Computers, 2006, 23(7): 188—190. (in Chinese with English abstract)

Design and implementation of operational system for national crop growth condition monitoring with remote sensing

Pei Zhiyuan, Guo Lin, Wang Qingfa

(Chinese Academy of Agricultural Engineering, Beijing 100125, China)

Abstract: The crop growth condition monitoring is one of the most important parts of agricultural condition monitoring. In order to build an operational system for crop growth condition monitoring, the method and the architecture with remote sensing and ground survey were introduced in the paper. For remote sensing, the temporal-spatial parameters derived from NDVI time series could be used to describe the crop growth condition from different respects. For ground survey, a nationwide network involving 200 counties distributed in the major farming areas had been set up for ground truth information acquisition. A kind of Client/Server (C/S) and Browser/Server (B/S) hybrid architecture of the operational system was designed to facilitate different operation modes of remote sensing and ground survey. However, some problems need to be solved in the operational system. Because of crop species difference and regional variety, there is not a common standard of crop growth condition evaluation in ground survey. Because there is still some limits from crop growth condition monitoring to agricultural production, maybe the model coupling of crop growth model with crop growth condition evaluation model by remote sensing is needed and the C/S structure needs to be divided further into function layer and application layer to make it easier to perform the system integration and maintenance. The study area was selected in major winter growing regions in China, and better results were obtained by the system. The system has been used in the crop monitoring system at a national scale.

Key words: monitoring, remote sensing, operational system, system architecture