

小麦苗情远程监测与诊断系统

张 琴^{1,2}, 黄文江², 许童羽¹, 杨小冬², 孙 鹏¹

(1. 沈阳农业大学, 沈阳 110866; 2. 北京农业信息技术研究中心, 北京 100097)

摘 要: 小麦苗生长状况与后期的长势及产量关系密切, 且小麦生长过程经历的环境复杂多变, 所以对小麦苗期生长状况进行监测与诊断具有重要意义, 该文基于远程监控、遥感和 WebGIS 技术, 初步设计构建了小麦苗情远程监测与智能诊断管理系统。该系统通过远程监控技术获取田间现场环境信息, 遥感影像数据获取小麦生长信息, 并结合专家知识数据库, 可对小麦长势、干旱、冻害进行监测与综合分析, 并给出诊断方案, 进而为小麦的调控管理提供决策和支持。

关键词: 遥感, 苗情, 监测, WebGIS, 远程诊断, 系统构建, 冬小麦

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2011.12.022

中图分类号: S126, TP31

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2011)-12-0115-05

张 琴, 黄文江, 许童羽, 等. 小麦苗情远程监测与诊断系统[J]. 农业工程学报, 2011, 27(12): 115—119.

Zhang Qin, Huang Wenjiang, Xu Tongyu, et al. Monitoring and diagnosis system for wheat growth with remote sensing and sensor technology[J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(12): 115—119. (in Chinese with English abstract)

0 引 言

小麦是中国第二大粮食作物, 其生长过程经历的环境复杂多变, 冬小麦在其整个生命期不仅要经过漫长的严冬, 而且在次年早春处于冷热剧烈交替的环境之中, 干旱、霜冻害等发生频繁, 对小麦苗情影响巨大。如何针对小麦生长发育过程, 准确预测环境胁迫和气象灾害、作物长势等重大农情, 实现远程异地诊断管理, 是目前农业精准管理中亟待解决的重大技术难题。

由于传统的实地监测花费巨大的人力、物力, 且效率不高, 不能及时有效地反馈小麦生产的信息。为此, 目前一些大学、科研院所开展了环境因子测试技术、现代传感技术、环境监测技术和温室设施远程控制技术等学科领域的研究, 并取得了一系列研究成果。孙忠富等^[1]开发的温室远程数据采集和信息发布系统能对温室环境进行控制, 并能总揽温室环境信息和作物生长信息; 可监测农业设施现场空气温湿度、土壤温湿度等, 为农作物生长管理提供技术支持; 孟志军等^[2]开发设计的基于 GPS 的农田多源信息采集系统能及时准确地获取农田小区影响作物生长的环境因素多源时空差异性信息; 王振龙等^[3]开发的农田墒情监测预报和抗旱信息系统, 能有效提高农业生产的抗旱减灾信息化水平等。但是目前大多数监测诊断系统结构简单、功能单一, 无法实现大面积、快速、适时对作物苗情生长环境的远程综合监测, 无法为小麦的生产提供决策支持。

本文拟构建基于 B/S 结构的、可结合遥感数据和地面传感数据的小麦苗情远程监测系统, 并对小麦生长过程中出现的问题进行智能诊断。系统利用长势遥感监测模型对小麦长势进行监测, 植被指数结合地面传感器数据监测小麦的干旱、冻害情况, 能更好更准确的对小麦生长状态进行综合监测与诊断分析, 实现小麦苗期生长环境的远程管理和智能诊断, 为农业生产管理者或用户提供直观、有效、准确的监控及诊断信息, 为小麦长势、灾害预测和防治提供科学、合理的辅助决策支持。

1 系统设计

1.1 系统结构设计

本系统采用基于互联网的 B/S 结构, 把系统建立在广域网上, 用户工作界面是通过 WWW 浏览器的瘦客户端。系统总体框架分为数据层, 数据访问层, 业务逻辑层及表示层, 如图 1 所示。

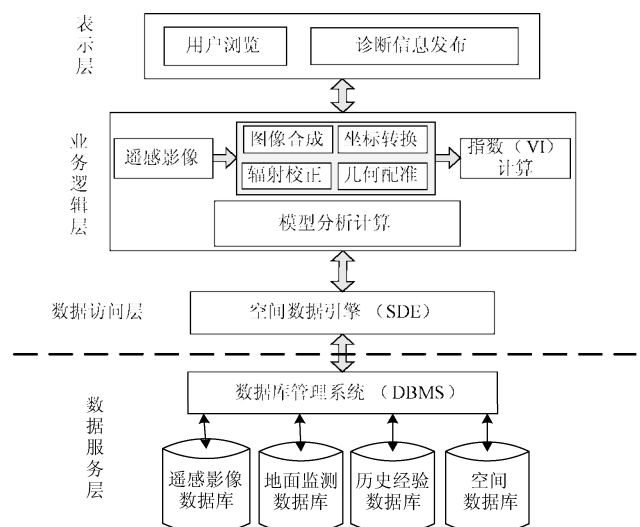


图 1 系统总体框架

Fig.1 Structure of system framework

收稿日期: 2011-05-17 修订日期: 2011-07-08

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(200903010), 国家自然科学基金项目(41071276)、北京市自然科学基金项目(4112022)

作者简介: 张 琴(1986—), 女, 湖北人, 现主要从事农业遥感应用研究。北京 北京农业信息技术研究中心, 北京 100097。Email: zq0468@126.com
※通信作者: 黄文江(1974—), 男, 安徽人, 博士, 研究员, 现主要从事农业定量遥感研究。北京 北京农业信息技术研究中心, 100097。

Email: huangwj@nrcita.org.cn

数据层存储大量数据,包括遥感数据,气象数据,诊断知识数据等;数据访问层提供对数据库的访问;业务逻辑层进行遥感影像指数计算及模型分析运算,根据遥感监测模型判断作物长势,结合农业气象数据库与传感器数据判断作物干旱,冻害等农业灾害,并且依托历史经验数据、诊断知识数据对作物长势进行诊断,给出作物生长信息及相应调优方法;表示层是用户交互层,提供苗情监测信息及诊断信息。

1.2 数据库设计

数据库作为系统数据的全部载体,对系统的运营与实施起着至关重要的作用。本研究主要的数据源有地面监测站点数据,专家知识数据,运算过程数据,空间数据等。1)地面监测站点数据包括空气温湿度、土壤温湿度、风向等地面传感器监测到的数据,该数据结合农业气象数据可对小麦综合种植区气候进行整体监测。2)专家知识数据是总结以前的种植经验及书本知识形成的不同生育阶段各因素与苗情的关系而形成的。3)图像和模型运算过程数据包括处理遥感影像得到的植被指数数据、模型运算过程中的温度统计数据、降雨量统计数据等。4)空间数据库储存各地的地理信息数据,包括遥感影像数据及处理过程中出现的各种图像数据。以上各种数据经过采集分析与处理,并经整合入库,用作监测系统进行分析的基础数据源。

1.3 系统功能设计

系统在功能上主要可以分为数据汇总与预处理、苗情远程监测、智能诊断、监测诊断结果发布、系统维护五部分,其功能结构图如图2所示。

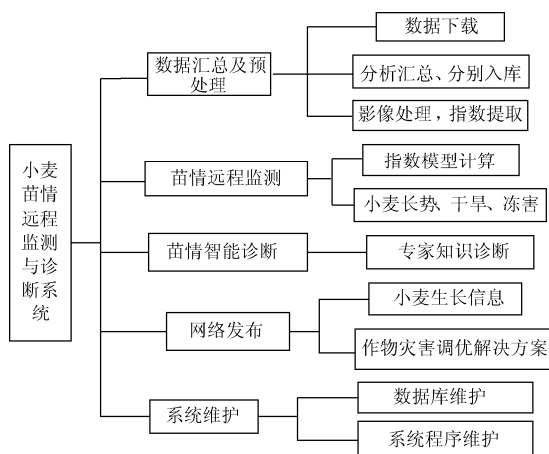


图2 系统总体功能图
Fig.2 General functions of system

1.3.1 数据汇总及预处理

该部分主要包括遥感影像数据、地面监测站点数据及历史经验专家数据的汇总、预处理及入库,地面监测数据是系统接收地面传感器数据,汇总处理后存入数据库,遥感影像通过从卫星中心下载原始影像,进行预处理,影像预处理是提取植被信息的前提,主要包括传感器定标,辐射校正,几何校正。

1.3.2 苗情远程监测

杨邦杰等^[4]认为长势即作物的生长状况与趋势,作物的长势可以用个体和群体特征来描述,发育健壮的个体所构成的合理的群体,才是长势良好的作物。通常意义上作物的长势监测是指对作物的苗情、生长状况及其变化的宏观监测。尽管作物的生长状况受多种因素的影响,其生长过程又是一个及其复杂的生理生态过程,但其生长状况可以用一些能够反映其生长特征并且与该生长特征密切相关的因子(如叶面积指数、生物量等)进行表征^[5]。

在传统小麦遥感监测系统中,需通过地面调查,获得土壤湿度,空气温度等实测信息,为遥感监测提供地面实测数据支持。本系统使用中国农科院可控环境农业实验室开发的农业设施环境数字化监控系统,实时监测农田空气温湿度、土壤温湿度等,为本系统提供数据支持。地面传感器只能提供样点区域的地面监测数据,无法实现大范围的监测,而通过一定的空间插值方法,实现根据样点估测全局,可实现小麦种植区大范围的干旱、冻害监测。同时,结合地面气象站点与农业气象信息,对整体降水量、气温等有明确的了解,可推断预测小麦生长区域的气候问题,从而更能有效预测小麦干旱、冻害等生物灾害的发生发展。

1.3.3 苗情智能诊断

专家知识诊断借鉴现代农学的研究成果,应用概率统计的方法,通过对样本、专家经验以及书本知识的分析,将生理生化指标数据及环境因子数据进行分值量化。找出苗情症状与生理生化指标、环境因子之间的统计规律,然后根据小麦生长状态信息对比专家知识,从而得出小麦监测结果及诊断结果。本系统根据课题组已有调优技术方案进行诊断。

2 系统实现

2.1 系统开发环境

为实现应用程序的快速开发,减少开发周期,开发语言采用基于工业标准的.NET平台下的Visual C#语言,开发工具使用Visual studio 2008,该工具具有开发简单、功能强大、类型安全、完全面向对象等特点。

使用ENVI/IDL技术对遥感影像进行预处理,包括辐射校正、植被指数计算等。

数据库服务器选用SQL Server 2005,SQL Server由于其优良的性能,可伸缩性,可编程性及价格适宜,已经成为众多商业软件供应商和客户的首选。空间数据引擎采用ArcSDE三层架构模式。

网络发布模块采用ArcGIS Server和ASP.NET技术实现。

2.2 系统关键技术实现

2.2.1 多源数据集成

本系统数据包括空间数据和表格数据、文档数据、模型数据等,合理的把多种数据集成整合才能使整个系

统正常运转。空间数据采用空间引擎技术进行集成。该技术采用面向对象的设计方法, 将空间数据以数据源为单位组织, 定义了一致的空间访问接口和规范。数据源可以以文件方式或数据库方式实现物理存储, 实质就是将数据源中的数据以一系列二维表的形式存储到指定数据库中。数据源包含有矢量数据集和栅格数据集。

2.2.2 监测模型构建

监测模型是将实测的作物农学参数与相应的遥感指数进行回归运算构建的。以作物长势监测模型的构建过程为例:

1) 对从采样点或实验室获取的农学参数和遥感指数进行对应并编号, 将这些数据存储在后台数据库中, 能以规定数据表格形式输出在系统界面上。

2) 利用统计分析系统, 分析作物整个生育过程不同生育时期各采样点的农学参数与对应的遥感光谱指数的相关关系。

3) 依据相关系数 R_{xy} 绝对值或拟合度 R^2 最大来确定最佳的农学参数和敏感的遥感光谱指数。由于同一个样点可能有多个农学参数及多个遥感指数, 进行相关性分析后可能存在多对多的对应情形, 在筛选过程中将考虑到所有组合。

4) 依据筛选的最佳农学参数和敏感遥感光谱指数, 以敏感遥感光谱指数为自变量、作物农学参数为因变量, 构建作物生长遥感监测模型, 选择拟合度 (R^2) 最大的方程, 确定为长势监测模型。

2.2.3 监测方法实现

1) 长势监测方法

研究选用最为常用的归一化差值植被指数 $NDVI$ 与冬小麦建立了遥感监测模型。

在植被覆盖度为 15%~80% 时, 归一化差值植被指数与小麦的叶面积指数 (LAI) 有很好的相关性。通过非线性拟合, 叶面积指数和归一化差值植被指数的定量函数关系为: $LAI=A \times \exp(B \times NDVI)$, 式中, $NDVI$ 为归一化差值植被指数, A 、 B 为经验系数, 分别取值 0.82581 和 3.097。

2) 干旱监测方法

目前基于遥感的干旱监测方法有很多, 主要可分为基于土壤水分的方法和基于植被指数的方法。相比较而言, 条件植被温度指数被认为是对归一化温度指数的简化处理, 在业务应用中有一定的推广价值^[6]。由于一般遥感干旱监测方法没有考虑下垫面本身差异, 使某一特定时期内不同像素间监测结果的可比较性差, 条件植被温度指数 ($VTCT$) 较好地解决了这一问题。假定研究区内土壤表层含水量涵盖萎蔫含水量和田间持水量, 即同时存在极干旱区和极湿润。定义 LST_{min} 所在的边是‘冷边界’, 在该边界上, 土壤水分不是植被生长的限制因素; LST_{max} 所在的边被认为是‘热边界’, 在该边界上, 土壤水分的有效性很低, 干旱程度最严重。 $VTCT$ 定义为:

$$VTCT = \frac{(LST_{max}(NDVI) - LST(NDVI))}{(LST_{max}(NDVI) - LST_{min}(NDVI))} \quad (1)$$

式中, $LST_{max}(NDVI)$ 、 $LST_{min}(NDVI)$ 分别表示当 $NDVI$ 等于某一确定值时研究区域内土地表面温度的最大值和最小值, $LST(NDVI)$ 表示 $NDVI$ 等于这一确定值时的当前土地表面温度。其中 $LST_{max}(NDVI)$ 、 $LST_{min}(NDVI)$ 可以直接从传感器数据库中取得。从 $VTCT$ 的定义可以看出, $VTCT$ 实际上描述了在某一 $NDVI$ 下, 实际 LST 与冷、热边界的距离比。 $VTCT$ 既考虑了区域内 $NDVI$ 的变化。又强调了 $NDVI$ 值相同时 LST 的变化。 $VTCT$ 的取值在 $[0,1]$, $VTCT$ 值越小, 表示干旱越严重^[7]。

3) 冻害监测方法

目前利于遥感方法对作物冻害的监测较少, 作物冻害不仅与温度有关还与作物生育期有关, 这又增加了遥感监测冻害的难度, 根据农业和气象部门多年的信息资料和调查报告, 冬小麦冻害发生在隆冬季节的并不很多, 因为冬小麦在越冬季节抗寒性很强, 而往往发生在返青特别是在拔节以后的 3 月至 4 月中旬, 这时小麦抗寒性降低。而春季冷空气活动频繁, 天气“三寒四暖”, 降温升温都很快, 周期短, 起伏大^[8]。所以通过监测作物生长环境温度特别是返青、拔节期的温度变化就能监测作物的冻害情况, 本系统通过地面安装气象站点传感器可对作物生长环境温度进行实时监测。

2.2.4 空间插值方法实现

空间插值方法是处理数据缺失问题的关键技术, 根据系统中数据挖掘及模型需求, 找到一种相对适用而且便于运用的方法是必要的。反距离权重插值是一种常用而简便的空间插值方法, 它以插值点与样本点间的距离为权重进行加权平均, 离插值点越近的样本点赋予的权重越大。设平面上分布一系列离散点, 已知其坐标和值为 X_i , Y_i , Z_i , ($i=1,2,3,\dots,n$), 根据周围离散点的值, 通过距离加权值求 Z 点值, 则

$$Z_0 = \frac{\left[\sum_{i=1}^n \frac{Z_i}{d_i^k} \right]}{\left[\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^k} \right]} \quad (2)$$

其中, Z_0 为点 0 的估计值; Z_i 为控制点 i 的值; d_i 为控制点 i 与点 0 间的距离; n 为在估计中用到的控制点的数目; k 为指定的幂。

2.2.5 诊断结果网络发布

诊断结果网络发布包括地图发布和诊断信息发布, 地图发布使用 ArcGIS Server, 在 ArcGIS Server 中发布的数据首先使用桌面应用软件 Desktop 编辑和制作, 然后通过 ArcGIS Server Manager 或 ArcCatalog 进行配置及服务发布。诊断结果发布主要包括小麦生长信息及针对小麦生长过程中出现的问题的诊断报告输出。本系统主要结合调优措施方案进行推理运算, 将获取的生物信息和环境信息与作物生长指标进行比较, 给出诊断信息, 为用户生产管理提供决策支持。如在小麦分蘖期监测到小麦

生长指标大于此时期的标准指标,即输出小麦长势过旺,应采取施用多效唑等生长调节剂调控。

3 系统应用

通过登录用户进入系统主界面,点击长势监测与诊断进入长势监测模块,选择 2010 年 11 月至 2011 年 4 月

北京小汤山、顺义等地区相关遥感影像,记过系统处理得到长势监测结果直观显示(如图 3)。根据传感器数据及现场采样分析验证,小汤山、顺义地区小麦长势状况与系统计算专题图相吻合,如小汤山精准农业示范基地小麦因实验感染病虫害,长势较差,专题图显示为绿色。系统所得结果与实际情况基本相符。

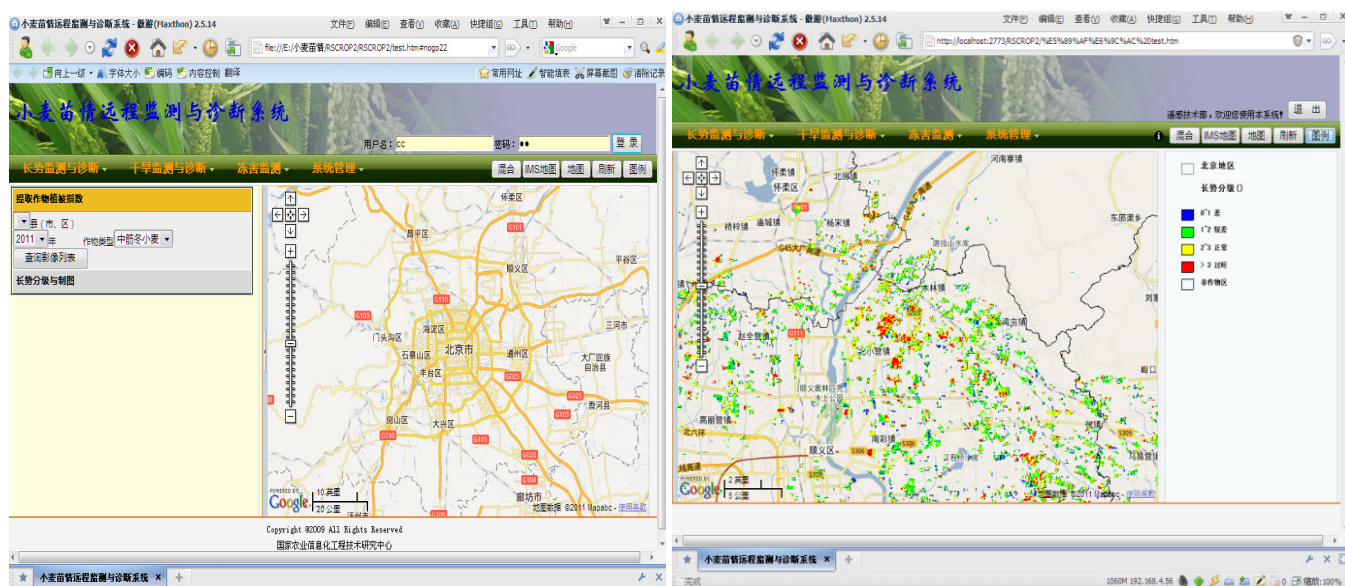


图 3 系统操作界面

Fig.3 System operation interfaces

4 结论与讨论

本研究通过集成遥感影像处理技术、地面监测技术和 Web 技术,初步实现了对小麦苗情的远程监测与诊断系统,具有以下特点:

1) 系统采用动态生成地图配置文件的方法实时配置影像结果,然后通过 ArcGIS Server 进行实时发布,在客户端实时生产专题图,使用户可以得到个性化、专题化的服务。

2) 系统集成遥感影像处理技术,实现了 B/S 模式下对影像实时计算处理的需求,提高系统的工作效率。

3) 系统结合遥感监测方法与地面实测数据对小麦生长状况进行监测,提高了监测精度和准确性。

4) 系统在对小麦生长环境进行远程监测的基础上提供对小麦长势的自动诊断分析,为小麦生长过程中出现的灾害等情况提供及时可靠的调优解决方案,为小麦生产管理提供技术决策支持。

系统将传统的单纯传感器监测和遥感监测结合起来,发挥各自优点,省时省力更提高了监测精度。本研究的技术原理具有一定的通用性,可应用于其他信息监测与诊断系统。然而系统对小麦生长过程中的其他因素如产量预算等的监测还需要进一步的完善,如何健全系统功能,发挥系统的综合优势,进一步提高系统的适用性,仍需要进一步研究与开发。

[参 考 文 献]

- [1] 孙忠富, 曹洪太, 李洪亮, 等. 基于 GPRS 和 WEB 的温室环境信息采集系统的实现[J]. 农业工程学报, 2006, 22(6): 131—134.
Sun Zhongfu, Cao Hongtai, Li Hongliang, et al. GPRS and WEB based data acquisition system for greenhouse environment[J]. Transactions of the CSAE, 2006, 22(6): 131—134. (in Chinese with English abstract)
- [2] 孟志军, 赵春江, 王秀, 等. 基于 GPS 的农田多源信息采集系统的研究与开发[J]. 农业工程学报, 2003, 9(4): 13—17.
Meng Zhijun, Zhao Chunjiang, Wang Xiu, et al. Field multi-source information collection system based on GPS for precision agriculture[J]. Transactions of the CSAE, 2003, 19(4): 13—17. (in Chinese with English abstract)
- [3] 王振龙, 王兵, 汪灶建. 农田墒情监测预报和抗旱信息系统设计与实现[J]. 农业工程学报, 2006, 22(2): 188—190.
Wang Zhenlong, Wang Bing, Wang Zaojian. Monitoring and forecasting of farmland soil moisture regime and development of drought-relief information system[J]. Transactions of the CSAE, 2006, 22(2): 188—190. (in Chinese with English abstract)
- [4] 杨邦杰, 裴志远. 农作物长势的定义和长势监测[J]. 农业工程学报, 1999, 15(3): 214—217.
Yang Bangjie, Pei Zhiyuan. Definition of crop condition and crop monitoring using remote sensing[J]. Transactions of the

- CSAE, 1999, 15(3): 214—217. (in Chinese with English abstract)
- [5] 王纪华, 赵春江, 黄文江, 等. 农业定量遥感基础与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [6] 谢江霞, 张丽华. 基于遥感的农业干旱监测模型研究[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(8): 3460—3462.
Xie Jiangxia, Zhang Lihua. Study on the agricultural drought monitoring models based on remote sensing[J]. Journal of Anhui Agri. Sci, 2008, 36(8): 3460—3462.
- [7] 王鹏新, Wan Zhengming, 龚健雅, 等. 基于植被指数和土地表面温度的干旱监测模型[J]. 地球科学进展, 2003, 18(4).
Wang Pengxin, Wan Zhengming, Gong Jianya, et al. Advances in drought monitoring by using remotely sensed normalized difference vegetation index and land surface temperature products[J]. Advances in Earth Sciences, 2003, 18(4).
- [8] 李颖, 陈秀万, 段红伟, 等. 多源多时相遥感数据在冬小麦识别中的应用研究[J]. 地理与地理信息科学, 2010, 26(4): 47—49.
Li Ying, Chen Xiuwan, Duan Hongwei, et al. Application of multi-source and multi-temporal remote sensing data in winter wheat identification[J]. Geography and Geographic Information Science, 2010, 26(4): 47—49. (in Chinese with English abstract)
- [9] Jinyoung Rhee, Jungho Im, Gregory J Carbone. Monitoring agricultural drought for arid and humid regions using multi-sensor remote sensing data[J]. Remote Sensing of Environment, 2010(114): 2875—2887.
- [10] Fabio Maselli, Dario Papale, Nicola Puletti, et al. Piermaria corona combining remote sensing and ancillary data to monitor the gross productivity of water-limited forest ecosystems[J]. Remote Sensing of Environment, 2009(113): 657—667.
- [11] 杨小冬, 黄勇奇, 危双丰, 等. 基于 WEBGIS 的生态农业监测与决策支持系统设计[J]. 地球信息科学, 2007, 9(1): 99—102.
Yang Xiaodong, Huang Yongqi, Wei Shuangfeng, et al. Design of WebGIS-based monitoring and decision support system for eco-agriculture[J]. Spatial Formation Science. 2007, 9(1): 99—102. (in Chinese with English abstract)
- [12] 宫彦萍. 集成 GIS 与 RS 的作物病虫害空间分析模型与算法实现[D]. 北京: 北京师范大学, 2009.
Gong Yanping. Research and Realization on Crop Diseases and Pests Spatial Analysis Models Integrated GIS and RS science[D]. Beijing: Beijing Normal University, 2009. (in Chinese with English abstract)
- [13] 刘小军, 朱艳, 曹卫星, 等. 基于 WebGIS 和知识模型的精确农作决策支持系统[J]. 南京农业大学学报, 2007, 30(4): 11—15.
Liu Xiaojun, ZhuYan, CaoWenxing, et al. WebGIS and knowledge model-based decision support system for precision farming[J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 2007, 30(4): 11—15. (in Chinese with English abstract)
- [14] 李楠, 刘成良, 李彦明, 等. 基于 3S 技术联合的农田墒情远程监测系统开发[J]. 农业工程学报, 2010, 26(4): 169—174.
Li Nan, Liu Chengliang, Li Yanming, et al. Development of remote monitoring system for soil moisture based on 3S technology alliance[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(4): 169—174. (in Chinese with English abstract)
- [15] 汤竞煌, 聂智龙. 遥感图像的几何校正[J]. 测绘与空间地理信息, 2007, 30(2): 100—103.
Tang Jinghuang, Nie Zhilong. Geometric correction of remote sensing image[J]. Geomatics and Spatial Information Technology, 2007, 30(2): 100—103. (in Chinese with English abstract)

Monitoring and diagnosis system for wheat growth with remote sensing and sensor technology

Zhang Qin^{1,2}, Huang Wenjiang², Xu Tongyu¹, Yang Xiaodong², Sun Peng¹

(1. Shenyang Agriculture University, Shenyang 110866, China;

2. Beijing Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097, China)

Abstract: The growth status of wheat seedlings is closely related to the latter growth biomass and the yield. Given the fact that the surrounding environment of wheat is variable and highly unpredictable during its growth, monitoring and diagnosing the vigor of winter wheat during the seedling period is of great importance. The study present a preliminary design of a remote monitoring and intelligent diagnosing system based on the combination of remote monitoring, remote sensing and WebGIS technology. The remote monitoring and remote sensing technologies can provide both field environmental information and growth information in real time. In addition, the wheat growth condition, drought and cold injury can be diagnosed and analyzed with the aid of an expert knowledge database. For practical use, the presented system is able to generate a solution for the regulation and management of wheat, which is assumed to benefit the decision making process significantly.

Key word: remote sensing, growth, monitoring, WebGIS, remote diagnosis, system construction, winter wheat