

李卫国, 顾晓鹤, 葛广秀, 等. 县域冬小麦病害遥感监测信息系统研制[J]. 江苏农业学报, 2019, 35(2): 302-306.  
doi:10.3969/j.issn.1000-4440.2019.02.009

## 县域冬小麦病害遥感监测信息系统研制

李卫国<sup>1</sup>, 顾晓鹤<sup>2</sup>, 葛广秀<sup>1</sup>, 陈 华<sup>1</sup>, 张铮铮<sup>1</sup>

(1. 江苏省农业科学院农业信息研究所, 江苏 南京 210014; 2. 国家农业信息化工程技术研究中心, 北京 100097)

**摘要:** 为快速、大面积进行县域冬小麦病害遥感监测, 将 GIS (Geographic information system)、RS (Remote sensing)、GPS (Global position system)、组件技术以及数据库综合集成, 采用常用的 C/S 模式, 利用 Delphi 编程语言开发了县域冬小麦病害遥感监测信息系统 (Winter wheat disease remote sensing monitoring information system, WDRSMIS)。WDRSMIS 系统包含影像数据管理、空间地理信息分析、生长参数反演、病害估测、产量估算与统计、遥感信息生成和系统使用指南 7 个功能模块。以江苏省泰兴市和姜堰市为例, 选用 2016 年冬小麦生长期的田间基础数据和环境星 (HJ-1A/CCD) 遥感影像对 WDRSMIS 系统进行测试。结果表明: WDRSMIS 系统在方便提供地理空间信息数据的浏览、分析与管理性能的同时, 能较好实现对县域冬小麦病害的有效监测, 还可依据监测数据进行图像显示和统计对比分析。该系统的开发对于江淮麦区县域冬小麦植保信息化管理与决策具有较好支撑作用。

**关键词:** 冬小麦; 病害; 遥感监测; 信息系统

**中图分类号:** TP79      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-4440(2019)02-0302-05

## Development of remote sensing monitoring information system for county scale winter wheat diseases

LI Wei-guo<sup>1</sup>, GU Xiao-he<sup>2</sup>, GE Guang-xiu<sup>1</sup>, CHEN Hua<sup>1</sup>, ZHANG Cheng-cheng<sup>1</sup>

(1. Institute of Agricultural Information, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China; 2. National Engineering Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097, China)

**Abstract:** In order to rapidly and extensively monitor winter wheat diseases at county level by remote sensing, this research developed a winter wheat disease remote sensing monitoring information system (WDRSMIS), which integrated the geographic information system (GIS), remote sensing (RS), global position system (GPS), component technology and database using the traditional C/S model and Delphi programming language. WDRSMIS included seven functional modules: image data management, geospatial information analysis, inversion of growth parameters, disease predicting, yield estimation and statistics, RS information generation and system assistance. Taking the Taixing and Jiangyan cities of Jiangsu province as examples, the soft system was tested by using the basic data of the winter wheat growth period in 2016 and HJ-1A/CCD images. The results showed that WDRSMIS could conveniently provide the browsing, analysis and management of geospatial information, effectively monitor the growth and disease of winter wheat, and also display and compare the monitoring data in spatial domain. The development of this software system has a good supporting role for the information management and decision-making of county scale winter wheat plant protection in Yangtze-Huaihe river region.

**Key words:** winter wheat; disease; remote sensing monitor; information system

**收稿日期:** 2018-11-20

**基金项目:** 国家自然科学基金项目 (41571323); 江苏省重点研究计划项目 (BE2016730); 中科院数字地球重点实验室开放基金项目 (2016LDE007)

**作者简介:** 李卫国 (1967-), 男, 山西清徐人, 博士, 研究员, 研究方向为作物病害与产量遥感监测预报。 (E-mail) jaaslw@126.com

农作物病虫害极易给农业生产造成巨大损失。据联合国粮农组织估计, 世界粮食产量常年因病虫害损失 10%~20%, 世界棉花产量因虫害损失和因病害损失分别为 16% 和 14%, 农作物病虫害已成为

影响作物最终产量的关键因素之一<sup>[1-2]</sup>。因此,综合利用“3S”(GIS、RS 和 GPS)和计算机信息技术,研发作物病虫害遥感监测信息系统(或信息化系统平台),快速、大面积对县域农作物病虫害进行监测预报,及时进行科学防治,有利于作物增产与增收<sup>[3-6]</sup>。

Delphi 是基于 Windows 操作系统的程序开发软件,由 Borland 公司开发。Delphi 拥有可视化的集成开发环境(IDE),核心编程语言是 Object Pascal 语言。该编程语言以友好性图形用户界面为设计思想,通过 IDE、VCL(框架)工具与编译器,配合数据库连接功能,构成以面向对象程序设计的可视编译平台。地理信息系统(Geographic information system, GIS)是集数据采集、数据库管理、空间数据分析和数据输出 4 大功能为一体的信息系统。ArcGIS 组件是将原有 GIS 功能适当地抽象与构件化的软件,可与 VB、Delphi 等不同语言环境兼容进行可视化应用系统平台的二次开发。

近年来,在利用遥感技术对冬小麦生长参数反演、病害估测以及产量估算等方面,已形成较多估测模型和大量基础数据<sup>[7-11]</sup>,例如刘柯等<sup>[12]</sup>建立的多光谱与高光谱结合的冬小麦叶面积指数监测模型,刘真真等<sup>[13]</sup>研究的区域冬小麦生物量遥感估算法,黄林生等<sup>[14]</sup>研究形成冬小麦白粉病监测方法等。但大量的遥感模型与算法仍停留在研究阶段,与县域冬小麦生产管理应用结合欠紧密。因此有必要将相关模型、算法和基础数据进行信息化集成,研制较为实用的冬小麦生长监测软件信息系统,在最大限度发挥遥感监测作用的同时,有效提升县级农业生产的信息化管理水平。本研究将组件式 GIS 开发技术以及数据库技术引入县域冬小麦大田病害监测预报中,利用 Delphi 程序语言,研制基于 GIS 组件的冬小麦病害遥感监测信息系统,旨在为江淮区域县级农业部门和种麦大户提供适用于田间病害估测与辅助管理决策的信息化平台。

## 1 冬小麦病害遥感监测信息系统结构

冬小麦病害遥感监测信息系统(Winter wheat disease remote sensing monitoring information system, WDRSMIS)依据标准化 GIS 的设计方法,将组件式 GIS 和 Delphi 相结合,汇集影像数据管理信息、空间信息分析、参数反演、病情估测、产量估算与统计等功能,在具备海量影像数据 GIS 管理的同时,最大限

度实现对县域冬小麦植保管理的信息化服务功能。WDRSMIS 系统采用 C/S 模式<sup>[11]</sup>,即 Client(客户端)/Server(服务器)结构,数据库包括遥感影像数据、模型算法和基础农情数据,数据库通过 ArcSDE+MS SQL Server 实现查询、分析与管理。

## 2 WDRSMIS 系统功能说明

冬小麦病害遥感监测信息系统(WDRSMIS)包括影像数据管理、空间地理信息分析、生长参数反演、病害估测、产量估算与统计、遥感信息图生成和系统使用指南(系统帮助)7 项功能,WDRSMIS 系统功能结构如图 1 所示。

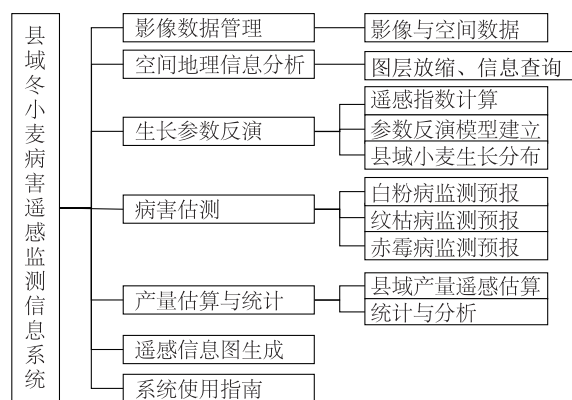


图 1 县域冬小麦病害遥感监测信息系统的功能结构

Fig.1 Functional structure of winter wheat disease remote sensing monitoring information system

### 2.1 遥感影像数据管理

遥感影像数据库包含有 HJ 星、GF 卫星、LANDSAT5 和 LANDSAT8 卫星等遥感影像,矢量文件为江苏省各县行政边界 shp 文件,地理投影系统(参数)统一为 WGS\_1984\_UTM\_Zone\_50N; Projection: Transverse\_Mercator; False\_Easting: 500 000; False\_Northing: 0; Central\_Meridian: 117; Scale\_Factor: 0.999 6; Latitude\_Of\_Origin: 0; Linear Unit: Meter; GCS\_WGS\_1984; Datum: D\_WGS\_1984。系统也可根据实际需要,导入地理投影系统一致的其他卫星遥感影像和行政界 shp 矢量文件,另外,系统还具有影像数据查询、更新功能。

### 2.2 空间地理信息分析

空间地理信息分析模块实现了空间地理信息的方便管理。依据主菜单下的各级子菜单,可以进行

遥感影像、矢量图层叠加,可对各类空间属性图层实施放大、缩小、移动以及漫游等快捷操作,也可添加其他空间信息和属性数据,方便系统使用者(用户)快速、直观地浏览原始卫星遥感影像、波段信息、遥感植被指数以及存储在数据库中的生长监测、病害估测和产量估算的各类遥感信息图。

### 2.3 生长参数反演

生长参数反演模块具有遥感植被指数计算、生长参数反演模型、生长参数反演以及县域冬小麦生长分布监测等功能。生长参数主要有叶面积指数(LAI)、生物量和叶片叶绿素含量3个指标。系统可计算的遥感植被指数有归一化差值植被指数(Normalized difference vegetation index, NDVI)、比值植被指数(Ratio vegetation index, RVI)、差值植被指数(Difference vegetation index, DVI)、土壤调节植被指数(Soil-adjusted vegetation index, SAVI)和温度植被指数(Temperature vegetation index, TVI)等。

生长参数反演模型有2种类型,一种是存储数据库中已有模型,另一种是实时导入不同类型遥感植被指数数据和冬小麦生长参数的试验样点数据,依据相关性分析而建立的生长参数反演模型。利用计算好的遥感植被指数影像,调用适合时期的生长参数反演模型,即可得到不同类型生长参数图像产品。结合县域冬小麦长势指标(生长参数)分级阈值,可以生成县域冬小麦不同生长等级空间分布信息图。

### 2.4 病害估测

病害估测模块是通过综合气候因素、生长参数和遥感植被指数对冬小麦病害发生状况进行估测。系统可以导入温湿度、生长参数和病情指数样点数据,建立多元回归方程式的冬小麦病情指数估测模型,再结合病情指数分级标准,生成病情指数等级空间信息图,实现对县域冬小麦不同类型病害(如白粉病、纹枯病和赤霉病)的快速监测。也可直接调用系统模型库中的相关病害估测模型进行冬小麦病害病情指数估测。例如,系统中构建的冬小麦赤霉病病情指数估测模型<sup>[15]</sup>如下: $WHsDI = A \times TEM + B \times WET + C \times NDVI + D \times RVI + E \times DVI + F$ ,式中 $WHsDI$ (Disease index of winter wheat scab, %)为估测的冬小麦赤霉病病情指数, $TEM$ ( $^{\circ}C$ )为日均气温, $WET$ (%)为日均空气相对湿度, $NDVI$ 为归一化差值植被指数, $RVI$ 为比值植被指数, $DVI$ 为差值植被指数。 $A$ 、

$B$ 、 $C$ 、 $D$ 、 $E$ 和 $F$ 为模型参数。

### 2.5 产量估算与统计

冬小麦籽粒产量估算主要依据扬花期LAI、生物量( $ABW$ )和叶片叶绿素含量( $CCL$ )与籽粒产量的相关性进行。系统中冬小麦籽粒产量估算模型为: $y = M_1 \times LAI + M_2 \times ABW + M_3 \times CCL + M_0$ ,式中 $y$ 为产量, $M_0$ 、 $M_1$ 、 $M_2$ 和 $M_3$ 分别为模型参数。

利用生长参数反演模块,可生成扬花期LAI、 $ABW$ 和 $CCL$ 图像产品。调用系统中冬小麦籽粒产量估算模型,可生成县域冬小麦产量空间分布信息图。通过产量统计与分析模块,可选择柱状、饼状或点密度等方式进行显示与比对分析,快捷地掌握县域冬小麦产量状况。

### 2.6 遥感信息图生成

系统数据库中除包含有不同类型卫星遥感影像外,还保存有通过计算生成的遥感信息图(例如各种遥感植被指数信息图、反演的生长参数信息图、估测的病害信息图和籽粒产量信息图等)。这些影像和信息图经过后期处理整饰,再添加图头说明、制图单位、地理坐标、比例尺以及图例等注释,可以生成直观、易懂、适用的遥感信息图产品。

## 3 WDRSMIS 系统实现与运行

系统在Intel(R)Core(TM)i5 CPU、4 G内存计算机、中文Windows 7操作平台上开发。采用ArcObjects 9.2组件开发地图显示与管理模块,Access设计数据库,Delphi 7.0设计系统界面。系统由符合COM标准的软件构件组装而成,各大构件既能单独使用,又可方便地与其他构件衔接,具有较好的灵活性。系统可在Intel(R)Core(TM)i5 CPU、4 G内存、100 G硬盘、真彩色显卡、中文Windows 7版本计算机中运行(WDRSMIS系统主界面见图2)。

以江苏省中部地区冬小麦主要种植区泰兴市和姜堰市为例,利用2016年冬小麦生长期的田间基础数据 and 环境星(HJ-1A/CCD)遥感影像对系统进行测试,辅助进行系统主要功能与运行效果说明。调用系统中遥感植被指数计算模块,通过输入相关参数,进行植被指数计算。调用数据库中的县域遥感监测样点的试验数据与生成的植被指数进行长势(生物量)分析与模型建立,运行生长参数反演模型进一步实现对泰兴市冬小麦生长(生物量)空间分布的有效监测(图3)。



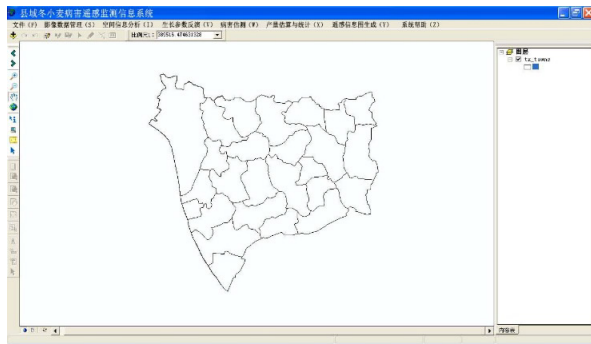


图2 冬小麦病害遥感监测信息系统主界面

Fig.2 The main interface of winter wheat disease remote sensing monitoring information system

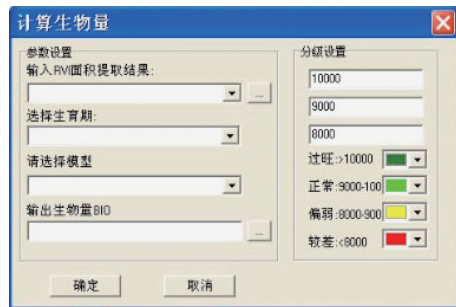
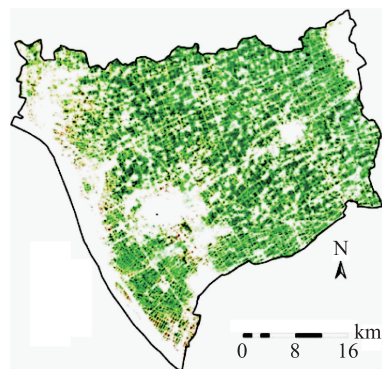


图3 泰兴市冬小麦生长空间分布监测

Fig.3 Monitoring the spatial distribution of winter wheat growth in Taixing city



□ 非小麦; ■ 过旺; ■ 正常; ■ 偏弱; ■ 较差

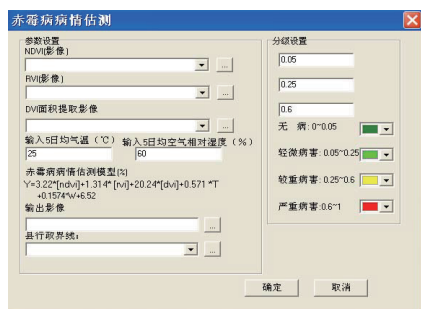
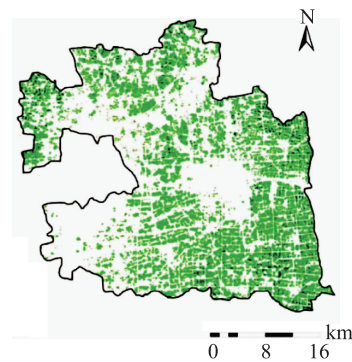


图4 县域冬小麦赤霉病估测

Fig.4 The estimation of winter wheat scab at county level



□ 非小麦; ■ 无病; ■ 轻微; ■ 较重; ■ 严重

## 4 讨论

从农业信息技术发展进程看,国内已有的作物生产管理信息系统大致可以分为三大类:第一类是

运行系统病害估测模块,选择需要估测病害类型(例如赤霉病),调用病害估测模型、遥感影像和必要的基础数据,即可得到县域冬小麦病害遥感估测结果。图4为姜堰市冬小麦赤霉病遥感监测结果,不同的颜色代表不同病情等级。

系统中保存有冬小麦生长参数反演和产量估算模块生成的遥感植被指数、生长参数和产量等大量信息图数据,利用数据统计与汇总功能可以对相关数据进行查询和综合对比分析,详细了解县级或乡镇级冬小麦长势、病害和产量变化状况。冬小麦面积和总产量估算遥感信息数据的统计与汇总例图见参考文献[12]。

基于专家知识的作物生产管理信息系统,这类系统<sup>[16-17]</sup>的研发与应用比较早,它主要是利用计算机程序语言技术对专家系统知识进行智能化管理,通过仿真农业专家互动而研发的集信息咨询、分析与

显示功能为一体的信息平台。作物生产专家信息系统具有知识性强和灵活性好的特点,数据库知识多数以文本文字、数字和图片为主。第二类是基于作物模型的生产管理信息系统,这类信息系统<sup>[18-19]</sup>在结合作物生产专家信息系统基本功能的基础上,引入了作物生长模型,使得作物生产管理信息系统具有动态监测与预测分析功能,有明显的动态性和可辅助决策性。第三类是基于“3S”技术的作物生产管理信息系统,这类信息系统<sup>[20-21]</sup>主要体现“3S”技术的集成与应用,它不仅具有前两类系统的知识性、动态性和灵活性,更具有直观性、空间性和可扩展性好的优势。基于“3S”技术的作物生产管理信息系统仍在研究或初试中,尚难满足县域作物生产的信息化管理需求,有必要深入研究。

利用遥感技术监测冬小麦生长与病害的研究已有多<sup>[22-24]</sup>,不仅建立了大量的模型算法,也积累了海量的基础农情数据(如气象资料、品种信息等)和遥感影像。由于县域作物种植种类、生长信息以及气象数据对于县级农业管理部门容易获取,同时县域也是农业植保管理措施最容易实施区域,因此,本研究针对江淮麦区县域冬小麦病害信息化监测的管理需求,利用“3S”技术和计算机程序语言,对多年研究积累的模型算法、基础农情数据和遥感影像进行综合集成,研发了冬小麦病害遥感监测信息系统。该系统可同时向用户提供遥感影像管理、空间信息分析、遥感植被指数计算、生长参数反演、病害和产量估测、遥感信息图制作、统计与图表显示等综合性的冬小麦植保生产服务信息,对于辅助县级农业植保部门或种粮大户管理决策具有较好的支撑作用。江淮区域影响冬小麦生长的因素还有很多,如虫害、渍害和倒伏等,下一步有必要考虑集成更多模型与数据,继续完善或提升冬小麦病害遥感监测信息系统的服务功能。

#### 参考文献:

- [1] 黄文江,张竞成,师越,等.作物病虫害遥感监测与预测研究进展[J].南京信息工程大学学报,2018,10(1):30-43.
- [2] 李素,郭兆春,王聪,等.信息技术在农作物病虫害监测预警中的应用综述[J].江苏农业科学,2018,46(22):1-6.
- [3] 蒙继华,吴炳方,李强子,等.农田农情参数遥感监测进展及展望[J].遥感信息,2010(3):35-43.
- [4] 李卫国.农作物遥感监测方法与应用[M].北京:中国农业科学技术出版社,2013.
- [5] 陈鹏飞,NICOLAS T,王纪华,等.估测作物冠层生物量的新植被指数的研究[J].光谱学与光谱分析,2010,30(2):512-517.
- [6] 黄文江.作物病害遥感监测机理与应用[M].北京:中国农业科学技术出版社,2009.
- [7] 司文才,刘峻明.冬小麦关键物候空间分布遥感监测方法研究[J].中国农业科技导报,2011,13(6):82-89.
- [8] 尹雯,李卫国,申双和,等.县域冬小麦生物量动态变化遥感估测研究[J].麦类作物学报,2018,38(1):50-57.
- [9] ZHAO C J, HUANG M Y, HUANG W J, et al. Analysis of winter wheat stripe rust characteristic spectrum and establishing of inversion models[J]. IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2004, 6(7): 4318-4320.
- [10] CAO X R, LUO Y, ZHOU Y L, et al. Detection of powdery mildew in two winter wheat cultivars using canopy hyperspectral reflectance[J]. Crop Protection, 2013 (45): 124-131.
- [11] 李卫国,李正金,李花.基于组件式GIS的冬小麦遥感估产系统的开发研究[J].麦类作物学报,2011,31(2):318-323.
- [12] 刘轲,周清波,吴文斌,等.基于多光谱与高光谱遥感数据的冬小麦叶面积指数反演比较[J].农业工程学报,2016,32(3):155-162.
- [13] 刘真真,张喜旺,陈云生,等.基于CASA模型的区域冬小麦生物量遥感估算[J].农业工程学报,2017,33(4):225-233.
- [14] 黄林生,阮超,黄文江,等.基于GF-1遥感影像和relief-mRMR-GASVM模型的小麦白粉病监测[J].农业工程学报,2018,34(15):167-175.
- [15] 李卫国,黄文江,董莹莹,等.基于温湿度与遥感植被指数的冬小麦赤霉病估测[J].农业工程学报,2017,33(23):203-210.
- [16] 熊范纶,郭霖,吴文荣.砂姜黑土小麦施肥计算机专家咨询系统[J].信息与控制,1987(22):8-12.
- [17] 赵春江,诸德辉,李鸿祥,等.小麦栽培管理计算机专家系统的研究与应用[J].中国农业科学,1997,30(5):42-49.
- [18] 石春林,冯慧慧,金之庆,等.水稻发育期模型的比较[J].中国水稻科学,2010,24(3):303-308.
- [19] 曹卫星,罗卫红.作物系统模拟及智能管理[M].北京:华文出版社,2000.
- [20] 吴炳方,蒙继华,李强子,等.全球农情遥感速报系统(crop watch)新进展[J].地球科学进展,2010,25(10):1013-1022.
- [21] 李卫国,姜海燕,王旭.基于ArcGIS的水稻生产管理信息系统的设计与实现[J].江苏农业学报,2006,22(4):477-478.
- [22] 马慧琴,黄文江,景元书.遥感与气象数据结合预测小麦灌浆期白粉病[J].农业工程学报,2016,32(9):165-172.
- [23] 李卫国.作物遥感识别与病虫害遥感监测方法[M].北京:中国农业科学技术出版社,2018.
- [24] 金正婷,李卫国,景元书,等.基于影像融合的冬小麦种植面积提取适宜尺度研究[J].江苏农业学报,2015,31(6):1312-1317.

(责任编辑:张震林)