

基于 GIS 的农作物病虫害预警系统的初步建立

罗菊花^{1,2}, 黄文江^{1*}, 韦朝领², 王纪华¹, 潘瑜春¹

(1. 国家农业信息化工程技术研究中心, 北京 100097; 2. 安徽农业大学资源与环境学院, 合肥 230036)

摘要: 该研究以建立农作物病虫害预警系统为目标, 使用国产 SuperMap IS .NET 的 GIS 软件作为开发平台, 以 C++ 语言作为编程语言。该系统充分使用了 GIS 强大的空间分析功能和 RS 的快速、实时、大面积获取病虫害信息的功能, 实现了 GIS 与 RS 在系统中的集成。系统最终将抽象的数据转化成清晰简明的电子地图, 直观明了的显示了病虫害的发生程度和空间分布规律。该文重点介绍了此预警系统的数据库设计和系统的基本功能以及预警流程; 最终, 使用甘肃省庆阳地区西峰区 2002 年的小麦条锈病相关数据, 来展示该预警系统中病害预测功能的实现过程, 并获得了与实际报道相吻合的预警结果。研究表明, 此预警系统能够对农作物病虫害进行分类预测, 并根据预警结果对病虫害进行合理的预防和防治。

关键词: 病虫害, 地理信息系统 (GIS), 预警系统

中图分类号: S126, S127

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2008)-12-0127-05

罗菊花, 黄文江, 韦朝领, 等. 基于 GIS 的农作物病虫害预警系统的初步建立[J]. 农业工程学报, 2008, 24(12): 127-131.

Luo Juhua, Huang Wenjiang, Wei Chaoling, et al. Establishment of prewarning system for crop diseases and insect pests[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(12): 127-131.(in Chinese with English abstract)

0 引言

农作物病虫害一直是农业生产上的重要的生物灾害, 一直以来, 是制约高产, 优质, 高效农业可持续发展的主导因素之一。据联合国粮农组织估计, 世界粮食产量常年因虫害损失 10%, 因病害损失 14%; 世界棉花产量因虫害损失 16%, 病害损失 14%; 我国是世界农业大国, 每年因病虫害造成的损失与上述的统计大致相当。2005 年的褐飞虱特大发生成灾, 造成长江中下游地区 1 亿亩的田块发生枯倒, 造成约几百万吨稻谷的损失, 直接经济损失约为 40 亿元^[1]。

农业病虫害的监测和预报是防治农业病虫害的重要组成部分, 防治病虫害的目的在于保住农作物产量和保证产品质量, 为了有效的防治病虫害使得农业生产增产, 首先必须及时, 准确的掌握病虫害的发生发展情况, 并且根据历史和现有的病虫害的发生发展能够建立一定的模拟模型, 对未来的病虫害的发生发展进行准确的预报预测^[2]。据此制定合理的防治指标和防治措施, 选择适当的防治时期, 从而以最小的投资获得最大的经济效益。

本文以农作物病虫害预测预报的实际应用需求为目标, 在 RS 监测和 GIS 信息平台的基础上, 综合利用了农学、土壤学、气象学等多学科知识, 最终实现了基于 GIS 的病虫害预警系统。该系统与传统的 GIS 预警系统相比, 在充分利用 GIS 的空间分析及可视化技术的基础上, 结

合了各种空间插值方法, 同时引入了 RS 技术的相关知识, 从而不但能对各种病虫害进行单点预测和大面积的区域预测, 而且能够快速、实时、大面积的获取病虫害信息, 在一定程度上提高了系统预警结果的准确性和实时性^[3,4]。

总之, 该预警系统的成功建立将为大面积、快速、实时的病虫害动态监测、预测预报和决策管理提供可能。

1 基于 GIS 的作物病虫害预警系统建立

1.1 预警的基本目标

所谓病虫害的预警, 是指在一定的范围内, 对一定时期的病害, 虫害的发生和发展的状况进行分析、评价, 并对其发生及未来的发展状况进行预测, 并预报不正常状况时空范围和危害程度, 按需要适时地给出变化和恶化的各种警戒信息及相应的综合性对策^[5]。理想的病虫害预警系统不仅包含某一时刻的预警, 而且包括对某段时间变化趋势的预警, 它应该具有先觉性和预见性的超前功能。

1.2 系统建立的目标

建立病虫害预警信息系统的主要目标如下:

1) 制定病虫害调查的标准和规范^[3];

2) 充分的利用地理信息系统数据库的优势和地理信息系统的各种特点(数据的采集, 管理, 存储, 分析和表达数据, 为决策提供有用的信息^[6])来分析和处理堆积在各气象站的大量的气象数据以及不同地域的其他的资料信息, 并让它们能很好的为病虫害的预测服务^[7]。

3) 充分的利用 GIS 的制图、辅助决策以及对空间信息的分析和表达功能, 能够对同年度间同期病情、虫情数据进行地统计学分析^[8]。最终可将抽象的预警数据转化成清晰简明的电图表式电子地图, 直观明了的显示病虫害

收稿日期: 2007-10-23 修订日期: 2008-10-30

资助项目: 国家“863”计划(2006AA10Z203); 国家科技支撑计划(2006BAD10A01, 2007BAH12B02)

作者简介: 罗菊花(1981-), 新疆人, 硕士研究生, 研究方向为病虫害地理信息系统。合肥 安徽农业大学资源与环境学院, 230036。

*通讯作者: 黄文江, 博士, 副研究员。北京 2449 信箱 26 分箱, 100097。

E-mail: yellowstar0618@163.com

的发生程度和地域分布^[8]。

1.3 基于 GIS 的病虫害预警系统的设计与实现

1.3.1 设计思路

首先对系统的需求作出分析, 通过用户对系统的要求以及系统应具备的功能来选择适用可行的病虫害预测模型, 同时选择并确定系统建立的 GIS 平台; 然后根据模型中的参数进行数据库的构建与实现, 并在 GIS 平台上构建所需的各种模块来实现系统的各种功能; 最后进行数据库与系统的调试, 并通过实例应用来分析系统的准确性和可靠性。实例证明其可行后即可发布推行。其总体设计思路如图 1 所示。

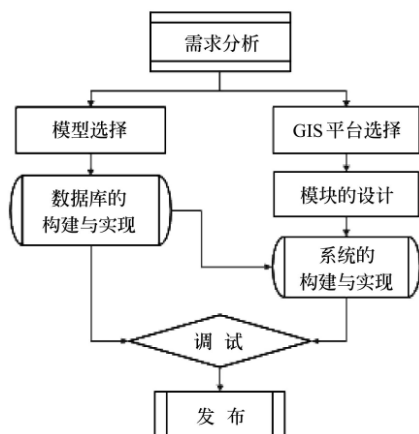


图 1 病虫害预警系统总体设计图

Fig.1 Overall design of prewarning system for pests and diseases

1.3.2 平台选择

本系统采用 B/S 体系结构; 主要以 C++ 语言作为编程语言; GIS 二次开发平台选用 SuperMap IS .NET; 数据库采用 SQL Server 2000; 空间数据以 SuperMap SDX+ 作为数据引擎进行存储; 并以气象数据库资料和田间监测数据作为主要的数据源, 结合适当的作物病虫害预测模型, 最终实现一个基于 GIS 的作物病虫害预警系统。选择 SuperMap IS .NET

作为本预警系统的开发平台从总体上讲主要基于以下优势^[9]:

1) 组件化设计, 易于管理; 2) 多源数据集成与海量影像的快速访问; 3) 服务器集群, 具有高度伸缩性; 4) 客户端与服务器多级缓存结构, 可以同时支持多种地图引擎协同工作^[10]。

1.3.3 数据库设计

1) 属性数据库

属性数据库包括全国病虫害的监测数据 (病虫害的习性数据、野外调查数据、田间调查数据、遥感监测数据等)、全国的气象观测站点的相关气象资料 (温度、湿度、降水量、日照等)、病虫害基础数据 (病虫害种类、危害特征、防治方法等)^[5]。另外还包括各气象观测站点的经、纬度以及病虫害预测模型中的其他参量。

2) 空间数据库

空间数据主要包括 3 部分, 即基础图、专题图和预警图。基础图包括全国的行政区图、道路、河流、高程

等, 直接由数字化产生。专题图是按照一定的目的, 由基础地图归纳或模拟生成, 包括各省、县的行政区划图、全国的作物区划图、气象图和遥感影像图等。预警图建立在专题地图和模型分析结果的基础上, 通过空间分析综合生成, 用于指导病虫害的管理^[11]。如通过叠置操作或空间分析产生的病害或者虫害的高风险发生区图。

1.3.4 系统基本功能

系统的功能主要包括两部分: 通用部分和专用部分。通用部分主要提供常用的 GIS 功能, 如: 图形的平移与缩放、图层的添加和移除等; 其专用部分主要包括以下功能:

1) 病虫害检索功能。用户通过该模块可以方便的检索有关病虫害的种植知识。如: 可以查询到病虫害的拉丁学名、英文名、危害症状、发病条件及其流行规律、防治方法等信息^[12]。

2) 病虫害诊断功能。示范区输入当地气象数据, 以农气统计模型为基础, 通过网络交互诊断, 计算获得病虫害预报和防治报告^[9]。

3) 数据查询功能。该模块能提供给用户查询所有数据库中存在的数据库。并且可以进行图形属性的互查, 点取地图上的实体, 可以查看与之相关的属性^[12]。

4) 视图变换和地图管理功能。建立在 GIS 平台系统的基础上, 利用空间数据信息时, 可以实现视图的放大、缩小、漫游、左移、右移、上移、下移信息查询、距离量测和面积量测的基本地图操作功能^[13];

5) 模型库的管理功能。系统除了具备基本的 GIS 空间管理功能外, 模型库管理还提供对模型库的更新, 修改等操作。系统通过分析调用模型, 输入相关参数, 得到分析结果; 根据模型分析结果进行决策, 并将结果以报表和图形相结合的方式输出。

6) 遥感监测、评估功能。本系统的遥感监测功能主要是通过虫害监测和病害监测这两个模块来实现^[14]。通过实时获取遥感监测影像数据, 在病虫害的流行病学原理指导下, 基于多源、多尺度遥感数据的病虫害监测与预测方法等, 应用多种作物病虫害的光谱特征建立遥感识别模型, 建立各种病虫害损失的多时相遥感监测与评估算法, 分析得到遥感监测专题数据。通过这两个模块, 系统既可以给用户提供大面积的遥感监测病虫害数据, 对病虫害进行监测和评估, 还可以通过空间数据库调用并发布各种病虫害相关的遥感影像。

7) 预警结果图示功能。该系统充分利用了 GIS 的空间分析处理功能和直观信息显示效果, 最终将根据预测的结果和病虫害的分级标准, 将预警的结果转化成清晰简明的电子地图, 直观的显示出病虫害的发生程度及地域分布规律^[15]。

1.3.5 预警流程

此预警系统是在数据库和一个作物病虫害预测模型库的基础上建成的。其中, 数据库是整个预警系统的基础, 此预警系统的数据库与一般的数据库一样, 包括属性数据库和空间数据库; 病虫害预测模型库里主要存放作物病害预测模型和作物虫害预测模型。首先在模型库

中选用合适的预警模型，然后通过数据调用，把数据从数据库的各子库中调出并代入模型中进行计算，再将预警结果存储在临时表中，然后利用 GIS 平台将这个临时表与采样点空间分布的空间数据相连，就可以提取预警信息，并以反距离插值的方式绘制结果预警图。同时，

还可以利用 GIS 的空间分析功能，叠加进其它的基础地理信息，包括一些专题图件（行政区划图、作物区划图、气象图、遥感影像图等），这样最终的预警结果图既包含了病虫害预测的空间分布状况，又包含了基础地理信息^[11]，其预警流程如图 2。

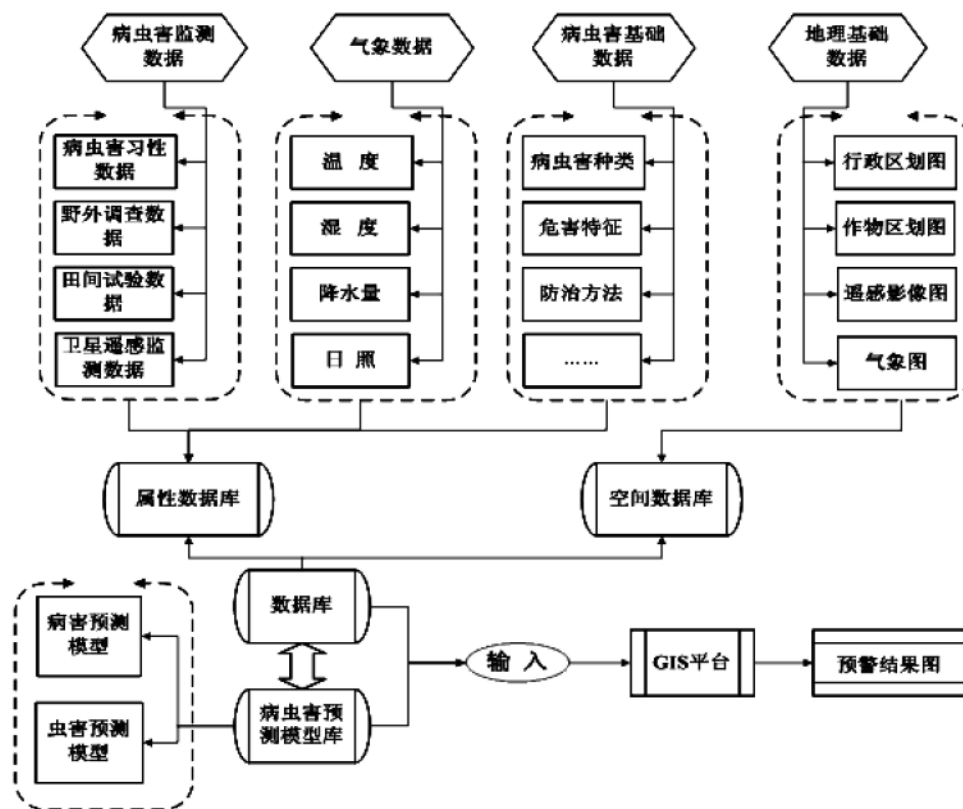


图2 病虫害预警流程图

Fig.2 Flowchart of prewarning system for pests and diseases

2 系统应用实例

以中国甘肃省庆阳地区西峰区2002年小麦条锈病发生程度的预测为例，来说明预警功能实现过程。

2.1 研究区概述

小麦条锈病菌一直是我国麦区的主要病害之一^[6]。本系统主要以甘肃省庆阳地区西峰县的小麦条锈病发生程度的预测为例来介绍此预警系统的具体实现流程。据报道，近 10 多年来，庆阳地区西峰区的小麦条锈病除 1985 年为特大流行年外，1986、1989、1990、1991、2002、2003 年属中度至中度偏重发生至大流行，1993 年中度偏轻发生，其余年份为小发生或未发生。虽然此病属间歇性发生病害，但在庆阳市西峰区近 10 多年来发生频繁、危害加重，有连续发生的趋势^[16]。

2.2 资料来源

1) 小麦条锈病数据。主要来自庆阳地区西峰区的植保所。

2) 气象资料。来源于庆阳地区各气象观测站点的气象数据。

2.3 模型选择

该系统中病虫害的预测预报模型目前采用的是专家

建立、系统调用的模式。根据专家经验和相关文献初步筛选如下模型来预测庆阳地区西峰区的病虫害发生程度。模型中涉及的气象数据和病虫害基础数据直接从系统的属性数据库中获取。其选用的预测模型如下^[16]：

$$Y = 0.3251 + 0.0414X_1 + 0.0243X_2 + 0.0677X_3$$

式中 Y ——发生等级； X_1 ——1~3月份的平均气温； X_2 ——3~5月份的温雨系数； X_3 ——发病盛期病情指数。

2.4 根据模型发布预警信息

2.4.1 小麦条锈病分级标准

根据预测的结果和小麦条锈病发生的分级标准，将预警结果分为5级，分别对应白、蓝、绿、黄、橙、和红色预警色。白色表示小麦条锈病未发生；蓝色预警为小麦条锈病发生的可能性较小；绿色预警为小麦条锈病会发生，但不会十分严重；黄色预警为条锈病会发生，而且可能持续，会出现一般灾情；橙色预警为条锈病会流行，并可能持续发生；红色预警为条锈病可能会严重流行。

2.4.2 预测庆阳地区西峰的小麦条锈病发生程度及预警结果显示

1) 用户登录

先要进行用户填写个人的相关信息进行注册, 系统将根据登入系统用户的授权记录生成一级菜单, 放在系统页面左面, 每个功能模块在页面左侧用树形菜单进行流程或者功能的控制, 右侧为数据显示和操作区。

2) 小麦条锈病预警操作过程

通过登陆, 用户进入系统主界面, 通过点击页面上方的病害预测进入病害预测的主界面。从病害预测界面左侧的树形菜单里进行如下选择: 预测地区: 甘肃省——庆阳地区——西峰 (页面右边的图示窗口就会自动选定所选地区和县); 农作物种类: 小麦; 病害名称: 条锈病; 并在模型选择一栏里选择上文中所选的预测模型, 然后提取相应的气象数据以及相关的病虫害数据, 对于缺失的数据通过插值得到或者让用户输入, 具体操作界面如图3所示。



图3 病虫害预测系统的操作界面图

Fig.3 Operation interface diagram of the wheat stripe rust prediction system

3) 庆阳地区西峰区的最终预警结果显示

本系统主要是根据模型发布预警信息。进行以上操作后, 分别从数据库中调用庆阳市西峰区2002年小麦条锈病的 X_1 、 X_2 、 X_3 。然后经过系统计算最终得出预警结果, 在病害预测界面的页面左边用文字显示预警等级, 页面的右边是图示显示的预警结果 (图4)。由图4可知系统得出其预警等级为5级, 发生程度为大发生。



图4 2002年庆阳市西峰区的小麦条锈病预警结果显示

Fig.4 Pre-warning results of wheat stripe rust disease in Xifeng County of Qingyang City in 2002

据甘肃省庆阳地区西峰区的植保站所提供的2002年小麦条锈病的发生程度和有关报道资料得知: 2002年庆阳地区西峰区的小麦条锈病发生程度为中等偏重发生至大发生。可见, 此预警结果与实际发生结果相吻合。

3 讨论与结论

针对当前我国病虫害发生种类多, 发生面积大, 影响范围广以及发生频繁的特点, 本文在分析了.NET平台的优越性的基础上初步建立了基于GIS的农作物病虫害预警系统^[17]。系统初步建成后, 通过将甘肃省庆阳地区西峰区作为示范区对病害预测功能进行测试和试运行, 系统取得了良好的效果。

1) 随着各门学科的发展和其他技术的不断成熟, 国内外相继建立了多种病虫害预测预报系统^[14]。但是, 与其他的基于GIS的病虫害传统的病虫害预测预报系统相比, 本系统所具有的优势在于: 本系统基于.NET平台, 操作界面友好, 框架完整, 整个系统具有稳定性、可移植性、可维护性、可扩展性的优点; 本系统充分利用了GIS的强大的空间分析功能和各种空间插值方法^[18], 因此, 系统成功建成后不但能对各种病虫害进行单点预测而且可以进行大范围的区域预测; 另外, 本系统引入了遥感技术, 遥感监测功能的成功实现将使系统具有快速、实时、大面积监测病虫害的优点, 在一定程度上提高了病虫害的预警的准确度。

2) 该系统中病虫害的预测预报模型目前采用的是专家建立、系统调用的模式, 由于系统中的模型适用范围的局限性, 可能会使得对某些地区预测的理论值与实际值之间存在偏差, 因此, 还需要不断的修正和完善。随着系统的不断完善和其他技术的成熟, 本系统将建立自动建模子系统, 从而更好的发挥系统的功能、提高系统预测的准确度; 另外, 由于遥感数据的暂时缺乏, 遥感监测和发布功能的实现还存在一些困难, 还需要进一步的完善和发展。目前系统还处于初步建立阶段, 随着各种数据和知识的完善, 系统还将实现某些虫害的迁飞预报功能。

本系统的成功建成将为大面积、快速的病虫害动态监测、预测和决策管理提供了可能; 可实时为管理者或用户提供直观、有效、准确的病虫害预报信息, 为农作物病虫害的预测和防治提供了科学、合理的辅助决策支持, 使得我国的病虫害的监测和预警工作达到管理信息化、预报预警科学化、信息服务社会化。系统建成投入运行后, 对于我国的农产品及农业的可持续发展具有重要的经济和社会意义。

【参 考 文 献】

- [1] 黄木易, 王记华, 黄文江, 等. 冬小麦条锈病的光谱特征及遥感监测[J]. 农业工程学报[J], 2003, 19(6): 154—158.
- [2] 曾士迈. 宏观植物病理学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005: 182—184.
- [3] 云丽丽, 王树海, 栾庆书, 等. GIS松毛虫预警系统空间信息库的建立[J]. 辽宁林业科技. 2005, 4(13): 35—36.
- [4] 蒋金豹, 陈云浩, 黄文江, 等. 条锈病胁迫下冬小麦冠层

- 叶片氮素含量的高光谱估测模型[J]. 农业工程学报. 2008, 24(1): 34—39.
- [5] 丰江凡, 滕学伟, 张 宏, 等. 基于GIS的太湖蓝藻预警系统研究[J]. 环境科学与技术, 2006, 29(9): 59—62.
- [6] 饶为民, 张家恩, 肖红生, 等. 地理信息系统在农业的应用现状概述[J]. 遇难地理环境研究. 2004, 16(2): 13—16.
- [7] 毕继业, 朱道林, 王秀芬, 等. 基于GIS的县域粮食生产资源利用效率的评价[J]. 农业工程学报. 2008, 24(1): 94—100.
- [8] 王明红, 金晓华, 刘 芊, 等. 北京市农作物重大病虫害预警信息系统构建及其应用[J]. 中国植保导刊, 2006, 7(26): 5—10.
- [9] 冯文钊, 彭立芹, 张 宏, 等. 基于.NET平台和Web Service方式的WebGIS系统集成[J]. 计算机工程, 2004, 30(21): 64—66.
- [10] Jesse Liberty, Dan Hurwitz. Programming ASP.NET中文版: 第三版[M]. 北京: 电子工业出版社, 2007.
- [11] 周强, 张润杰. 基于WebGIS的稻飞虱灾害预警系统初步研究[J]. 中山大学学报, 2004, 43(1): 67—69.
- [12] 刘书华, 杨晓红, 蒋文科, 等. 基于GIS的农作物病虫害防治决策支持系统[J]. 农业工程学报, 2003, 19(4): 148—150.
- [13] 司丽丽, 曹克强, 刘佳鹏, 等. 基于地理信息系统的全国主要粮食作物病虫害实时监测预警系统的研制[J]. 植物保护学报, 2006, 33(3): 282—286.
- [14] Song Y H, Heong K L. Use of geographical Information system in analyzing large area distribution and dispersal of rice insects in South Korea[J]. Journal of Applied Entomolite, 1993, 32(3): 307—316.
- [15] Bone C, Dragicevic A, Roberts A. Integrating high resolution remote sensing, GIS and fuzzy set theory for identifying susceptibility areas of forest insect infestations[J]. International Journal of Remote Sensing, 2005, 26(21): 4809—4828.
- [16] 窦利锋, 李全才. 庆阳市西峰区小麦条锈病发生规律及预测预报模型[J]. 甘肃农业, 2004, 5: 65—66.
- [17] 王志强, 甘国辉, 王 健, 等. 基于Web服务和GIS的作物生长模拟系统的应用[J]. 农业工程学报, 2008, 24(1): 179—183.
- [18] 吴小芳, 包世秦, 胡月明, 等. 多因子空间插值模型在农作物病虫害监测预警系统中的构建及应用[J]. 农业工程学报, 2007, 23(10): 162—166.

Establishment of prewarning system for crop diseases and insect pests

Luo Juhua^{1,2}, Huang Wenjiang^{1*}, Wei Chaoling², Wang Jihua¹, Pan Yuchun¹

(1. National Engineering Research Center For Information Technology In Agriculture, Beijing 100097, China;

2. Resources and Environment College Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China)

Abstract: The aim of this study was to establish the prewarning and prediction system for crop diseases and pests based on SuperMap IS. NET geographic information system (GIS), which was developed by Supermap company. In this system, the authors used visualization and spatial analysis with GIS, and the large area remote sensing (RS) to acquire the information of crop diseases and insect pests. Based on these data, the occurrence and damage of various diseases and insect pests of crops could be monitored and forecasted in real time and in large areas. And ultimately, the system could transform data information into a geographical information map to show the occurrence degree and distribution on variety of diseases and pests. This paper described mainly warning flow, database design and the main functions of the system. Finally, the system realized successfully the warning of the wheat stripe rust in Xifeng region of Qingyang city in Gansu province in 2002, and the prediction result was satisfactory. It indicates that the system can classify and predict diseases and insect pests, and people can select right time and technology to control the diseases and pests by this GIS system.

Key words: disease and pest, geographic information system (GIS), monitoring and warning system